

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN of Reference (5)

2001-244885

(11) Publication number :

07.09.2001

(43) Date of publication of application :

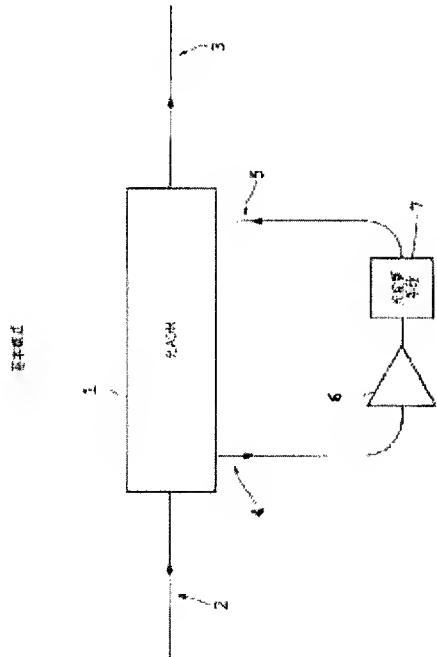
(51) Int.Cl.

H04B 10/02

(21) Application number : 2000-052548 (71) Applicant : NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP
<NTT>

(22) Date of filing : 28.02.2000 (72) Inventor : TAKEI HIROKI
YAMAMOTO
FUMIHIKO
SUGIE
TOSHIHIKO

(54) OPTICAL CIRCUIT AND WAVELENGTH MULTIPLEX OPTICAL NETWORK



(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To relax a demand for high-precision wavelength control over a laser light source in a remote node as to an optical circuit which modulates and outputs input light and a wavelength multiplex optical network constituted by using optical circuit.

SOLUTION: An optical ADM 1 outputs branched light in a specific wavelength band among a plurality of wavelength multiplexed input light beams to an input port 2, and inserts and outputs the light which arrives

from the outside. An optical amplifying means 6 amplifies the light in the specific wavelength band to branch port 4 branched by the optical ADM 1. An optical modulating means 7 modulates

and outputs the amplified output light and inserts it through the insertion port of the optical ADM 1.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-244885

(P2001-244885A)

(43)公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51)Int.Cl.⁷

H 04 B 10/02

G 02 F 1/01

1/313

2/02

識別記号

F I

G 02 F 1/01

1/313

2/02

H 04 B 9/00

テマコト(参考)

F 2 H 07 9

C 2 K 00 2

5 K 00 2

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 17 頁) 最終頁に統く

(21)出願番号

特願2000-52548(P2000-52548)

(22)出願日

平成12年2月28日(2000.2.28)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 武居 弘樹

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 山本 文彦

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

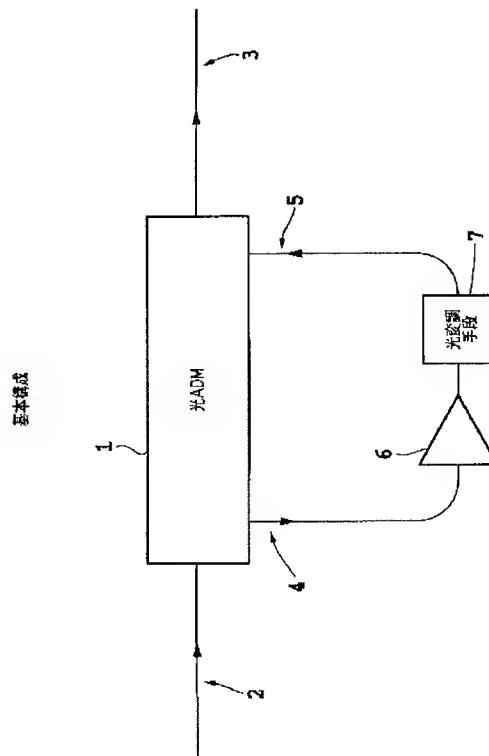
最終頁に統く

(54)【発明の名称】 光回路および波長多重光ネットワーク

(57)【要約】

【課題】 入力光を変調して出力する光回路および当該光回路を用いて構成した波長多重光ネットワークに関し、リモートノードにおいてレーザ光源の高精度な波長制御に対する要求を緩和すること。

【解決手段】 光ADM 1は、入力ポート 2への波長多重された複数の入力光から所定波長帯域内の分岐光を出力し、外部から到来する光を挿入して出力する。光増幅手段 6は、光ADM 1により分岐された分岐ポート 4へ前の記所定波長帯域内の光を増幅する。光変調手段 7は、この増幅出力光を変調して出力し、光ADM 1の插入ポート 5より挿入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長多重された入力光から所定波長帯域内の分岐光を出力し、外部から到来する光のうち、所定波長帯域内の光を挿入して出力する波長分岐／挿入手段と、

前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、

前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、

前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記波長分岐／挿入手段により前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路。

【請求項2】 請求項1に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記分岐光から信号成分を分離する分離手段と、前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出手段とを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項3】 請求項1または2に記載の光回路において、

前記波長分岐／挿入手段は、第1の光サーキュレータと、前記第1の光サーキュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光サーキュレータとからなることを特徴とする光回路。

【請求項4】 請求項3に記載の光回路において、前記第1の光サーキュレータは4ポート光サーキュレタからなり、前記4ポート光サーキュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の光回路において、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を透過する透過型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項6】 請求項1または2に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、第1の光カプラと、

前記第1の光カプラから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光カプラとからなることを特徴とする光回路。

【請求項7】 請求項6に記載の光回路において、前記第1の光カプラの入力に光アイソレータを備えたこ

とを特徴とする光回路。

【請求項8】 請求項3に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、

前記第1の光サーキュレータの出力と結合する第1の反射型光バンドパスフィルタと、

前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する光アイソレータと、

前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バンドパスフィルタと、

前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光サーキュレータとからなり、前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする光回路。

【請求項9】 請求項6に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、

前記第1の光カプラの出力と結合する第1の反射型光バンドパスフィルタと、

前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する光アイソレータと、

前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バンドパスフィルタと、前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光カプラとからなり、前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする光回路。

【請求項10】 請求項1または2に記載の光回路において、

前記波長分岐／挿入手段は透過型光バンドパスフィルタからなることを特徴とする光回路。

【請求項11】 請求項3乃至10のいずれかに記載の光回路において、

前記反射型光バンドパスフィルタまたは前記透過型光バンドパスフィルタの波長帯域特性を変化させることで、送信および受信波長特性を可変することを特徴とする光回路。

【請求項12】 センタノードと複数のリモートノードを備え、前記複数のリモートノードの少なくとも一つが請求項1乃至11のいずれかに記載の前記光回路を光信号送信機または送受信機として有する波長多重光ネットワークであって、

前記光回路が備える前記波長分岐／挿入手段は、前記各リモートノードにおいて異なる分岐波長帯域を有し、

前記複数のリモートノードの各々に対し、前記波長分岐／挿入手段により分岐される波長の被変調用光および信号光を前記センタノードから分配し、

前記リモートノードにおいて、前記分配された前記被変調用光を前記増幅変調手段を用いて変調することで光信号を送出することを特徴とする波長多重光ネットワー

ク。

【請求項13】 請求項12に記載の波長多重光ネットワークにおいて、互いに送信波長および方向が異なる第1および第2の送信パス中に前記センタノードおよび前記複数のリモートノードを備えることを特徴とする波長多重光ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光回路および波長多重(Wavelength Division Multiplexing: WDM)光ネットワークに関し、特に、入力光を変調して出力する光回路および当該光回路を用いて構成した波長多重光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】 図18は、センタノード(CN)21とリモートノード(RN)22からなり、RN22に光アドドロップ合波器(Optical Add-drop Multiplexer: ADM)1を配した従来のWDMリングネットワークの一例の概念図を示す。

【0003】 光ADM1は、主伝送線路27を伝搬するWDM信号から特定の波長帯域内の波長チャネルの光信号を分岐し、光検出器20により受信する。また、当該特定の波長帯域内で発振するレーザ24を各RN22内に配置しており、CN21内のレーザ24からの出力光を変調して生成した光信号を、光ADM1によって主伝送線路27に挿入する。

【0004】 図19は、前述した従来リングネットワークのRN22において、光ADM1としてファイバラッピングレーディング(Fiber Bragg Grating: FBG)10と光サーキュレータ11を用いた例を示す。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 前記のRN22に配置するレーザ24としては、半導体レーザを用いるのが一般的である。しかし、半導体レーザの発振波長は温度変化に対して非常に敏感に変化する。小西等による参考文献(小西良弘監修、山本著、"光ファイバ通信技術"、日刊工業新聞社、1995.)によると、1.5μm帯で発振するDistributed-feedback(DFB)レーザでは0.097nm/K、ファブリペロー(Fabry-Perot: FP)レーザでは、0.5nm/Kの温度依存性が報告されている。

【0006】 したがって、例えばDFBレーザの発振波長変化を±1GHz以内に抑えるためには、その温度変化を約±0.1K以内に制御しなければならない。そのためには、複数個のRN22それぞれに高精度の温度制御器を配置してレーザの温度を安定化する必要がある。温度の安定制御のための当該構成はRN22の低コスト化の障害となり、また、当該構成を採用しないことで信

頼性を低下させる一因となっていた。

【0007】 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであって、その目的は、波長多重光ネットワークのリモートノードにおいてレーザ光源の高精度な波長制御に対する要求を緩和することのできる光部品、および当該光回路を用いた波長多重光ネットワークを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために請求項1の発明は、波長多重された入力光から所定波長帯域内の分岐光を出力し、外部から到来する光のうち、所定波長帯域内の光を挿入して出力する波長分岐/挿入手段と、前記波長分岐/挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、前記波長分岐/挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記波長分岐/挿入手段により前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路を提供する。

【0009】 また、請求項2の発明は、請求項1に記載の光回路において、前記波長分岐/挿入手段により分岐された前記分岐光から信号成分を分離する分離手段と、前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出手段とを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0010】 また、請求項3の発明は、請求項1または2に記載の光回路において、前記波長分岐/挿入手段は、第1の光サーキュレータと、前記第1の光サーキュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光サーキュレータとからなることを特徴とする光回路を提供する。

【0011】 また、請求項4の発明は、請求項3に記載の光回路において、前記第1の光サーキュレータは4ポート光サーキュレータからなり、前記4ポート光サーキュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0012】 また、請求項5の発明は、請求項1ないし4のいずれかに記載の光回路において、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を透過する透過型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0013】 また、請求項6の発明は、請求項1または2に記載の光回路において、前記波長分岐/挿入手段は、第1の光カプラと、前記第1の光カプラから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光カプラとからなることを特徴とする光回路を提供する。

【0014】また、請求項7の発明は、請求項6に記載の光回路において、前記第1の光カプラの入力に光アイソレータを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0015】また、請求項8の発明は、請求項3に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、前記第1の光サーキュレータの出力と結合する第1の反射型光バンドパスフィルタと、前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する光アイソレータと、前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バンドパスフィルタと、前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光サーキュレータとからなり、前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする光回路を提供する。

【0016】また、請求項9の発明は、請求項6に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、前記第1の光カプラの出力と結合する第1の反射型光バンドパスフィルタと、前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する光アイソレータと、前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バンドパスフィルタと、前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光カプラとからなり、前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする光回路を提供する。

【0017】また、請求項10の発明は、請求項1または2に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は透過型光バンドパスフィルタからなることを特徴とする光回路を提供する。

【0018】また、請求項11の発明は、請求項3乃至10のいずれかに記載の光回路において、前記反射型光バンドパスフィルタまたは前記透過型光バンドパスフィルタの波長帯域特性を変化させることで、送信および受信波長特性を可変することを特徴とする光回路を提供する。

【0019】また、請求項12の発明は、センタノードと複数のリモートノードを備え、前記複数のリモートノードの少なくとも一つが請求項1乃至11のいずれかに記載の前記光回路を光信号送信機または送受信機として有する波長多重光ネットワークであって、前記光回路が備える前記波長分岐／挿入手段は、前記各リモートノードにおいて異なる分岐波長帯域を有し、前記複数のリモートノードの各々に対し、前記波長分岐／挿入手段により分岐される波長の被変調用光および信号光を前記センタノードから分配し、前記リモートノードにおいて、前記分配された前記被変調用光を前記増幅変調手段を用いて変調することで光信号を送出することを特徴とする波長多重光ネットワークを提供する。

【0020】また、請求項13の発明は、請求項12に記載の波長多重光ネットワークにおいて、互いに送信波

長および方向が異なる第1および第2の送信パス中に前記センタノードおよび前記複数のリモートノードを備えることを特徴とする波長多重光ネットワークを提供する。

【0021】

【発明の実施の形態】はじめに、本発明の基本構成について図面を参照して詳細に説明する。

【0022】図1は本発明に係る光回路の第1の基本構成を示す。

【0023】光ADM1は入力ポート2、出力ポート3、分岐ポート4、挿入手ポート5の4つの入端子を持つ。入力ポート2にWDM信号光を入力し、このWDM信号光の波長チャネルのうち、光ADM1により分岐される波長帯域内で無変調の被変調光を伝送する。この被変調光は分岐ポート4から出力され、光増幅手段6により増幅された後、光変調手段7により変調される。このようにして得られた光信号は挿入手ポート5に入力され、光ADM1において再びWDM信号光に挿入され、出力ポート3より出力される。

【0024】図2は本発明に係る光回路の第2の基本構成を示す。図1の第1の基本構成において分岐ポート4の後段に光信号分離手段8を挿入し、これにより分離された光信号を光信号検出手段9に入力して第2の基本構成としている。

【0025】光ADM1に入力されるWDM信号光成分のうち、本実施形態の光回路で受信する信号光と被変調用光の波長は、光ADM1により分岐される波長帯域内に割り当てられている。ここで、信号光と被変調光の波長に同一波長を割り当てても、異なる波長を割り当ててもよく、信号光と被変調光が共に光ADM1より分岐されればよい。

【0026】光ADM1により分岐された信号光と被変調光は分岐ポート4に出力され、光信号分離手段8へと入力される。この信号光は光信号分離手段8によって光信号分離手段8により分離され、光信号検出手段9に入力される。一方、被変調光は光信号分離手段8を通過した後、第1の基本構成と同様に光増幅手段6により増幅され、光変調手段7により変調された後、挿入手ポート5に入力され、光ADM1において再びWDM信号光に挿入され、出力ポート3より出力される。

【0027】次に、本発明の具体的実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0028】(光回路の第1の実施形態)図3は本発明に係る光回路の第1の実施形態を示す。

【0029】図3において、光ADM1aはFBG10と1対の光サーキュレータ11からなる。半導体光増幅器(Semiconductor Optical Amplifier:SOA)12は第1の基本構成における光増幅手段6と光変調手段7を兼ねており、SOA12の駆動電流を本光回路より発信する信号を用いて変

7
調することにより、本光回路から光信号を送出する。FBG10は波長選択透過特性を示し、反射型光バンドパスフィルタとして機能する。

【0030】さらに、信号光と被変調光を同一波長を用いて伝送する場合、当該同一波長の光を時間領域において信号光を送る領域と被変調光を送る領域に分割する。

【0031】このとき、SOA12の駆動形態も時間領域で信号受信モードと信号送信モードに分割する。Gustavsson等によれば、信号受信モードにおいてSOA12に光信号パルス列を入力すると、SOA12のバイアス電圧はパルスパターンに従って変化する

(M. Gustavsson, A. Karlsson, and L. Thylen, "Traveling wave semiconductor laser amplifier detectors," *Journal of Lightwave Technol.*, Vol. 8, No. 4, pp. 610-617, 1990.)。この変化を観測することは光信号を受信することと等価である。

【0032】信号送信モードにおいては、送信する信号を用いてSOA12の駆動電流を変調する。分岐される波長チャネルが信号光を送信する時間領域にあるときは、信号受信モードでSOA12を使用して信号光を受信する。一方、被変調光を送信する時間領域にあるときは、SOA12を信号送信モードで使用する。すなわちSOA12は、第2の基本構成における光増幅手段6、光変調手段7、光信号分離手段8および光信号検出手段9を兼ねるものとして使用する。

【0033】本実施形態では、分岐側の光サーキュレータ11、FBG10、挿入側の光サーキュレータ11、およびSOA12によりゲイン媒質を含む光学的ループが形成される。したがって、FBG10の反射帯域以外の点におけるレーザ発振が励起される可能性がある。このとき、注入電流によってSOA12に供給したエネルギーの多くがレーザ発振のエネルギーに転換されると、被変調光に対するSOA12の利得が低下することがある。さらに、レーザ発振が不安定になると、SOA12の利得が時間的に変動することがある。

【0034】(光回路の第2の実施形態) 本実施形態は第1の実施形態におけるレーザ発振を抑圧するための構成を実現するもので、図4にその構成を示す。SOA12の後段に光バンドパスフィルタ(Bandpass filter: BPF)13を挿入して本実施形態としている。

【0035】図5は、このBPF13の透過波長帯域とFBG10の透過波長帯域の関係の一例を示す特性図である。

【0036】図5(a), (b)は略同一波長帯域で相反する特性を示しており、このようなBPF13とFBG10を組み合わせ、前述した光学的ループの損失を全

波長帯域にわたってSOA12の利得より大きくすることにより、第1の実施形態で問題とされ得るレーザ発振を抑圧するよう改善することが出来る。

【0037】(光回路の第3の実施形態) 本実施形態は第1の実施形態におけるレーザ発振を抑圧するための別の構成を実現するもので、図6にその構成を示す。光ADM1bにおいて、1対の光サーキュレータ11間に分岐光(信号光および被変調光)を反射するFBG10を2個用い、両FBG間に光アイソレータ14を配置して本実施形態としている。

【0038】本実施形態は、上記構成によって前述光学的ループを断することで、第1の実施形態で問題とされ得るレーザ発振を解消している。

【0039】(光回路の第4の実施形態) 図7に示す本実施形態は、2個の光カプラ15とFBG10を含んで構成した光ADM1cを用いたもので、入力ポート2に光アイソレータ14を接続することで、FBG10より反射される光が入力ポート2から出力されることを回避している。

【0040】しかしながら、本実施形態においても前述した図3における第1の実施形態と同様に、入力側光カプラ15、FBG10、出力側光カプラ15、SOA12を含む光学的ループにおいてレーザ発振の問題が生じ得る。そこで、図4あるいは図6において光サーキュレータ11を光カプラ15に代える構成を用いることにより、この光学的ループの損失をすべての波長帯域にわたりSOA12の利得より大きくすることができる。

【0041】(光回路の第5の実施形態) 図8に示す本実施形態は、第3の実施形態(図6)における光サーキュレータ11をそれぞれ光カプラ15に置き換えて光ADM1dを構成したものである。これにより、上述光学的ループを断することで、レーザ発振を回避することが出来る。

【0042】次に、基本構成における光ADM1として透過型BPFを用いた本発明に係る光回路の実施形態(第6および第7の実施形態)を説明する。

【0043】(光回路の第6の実施形態) 図9に示す本実施形態の光ADM1dには、誘電体多層膜フィルタ16a, 16bで構成されたものを用いている。各誘電体多層膜フィルタ16a, 16bは共に同一の透過波長を持ち、図3と同様に、SOA12が基本構成における光増幅手段6、光変調手段7、光信号分離手段8、および光信号検出手段9を兼ねている。

【0044】入力ポート2より入力されたWDM信号光は誘電体多層膜フィルタ16aに入力され、ここで、信号光および被変調光成分(ここでは同一波長とする)は誘電体多層膜フィルタ16aを透過する。その他の波長成分は反射され、反射された波長成分は誘電体多層膜フィルタ16bに入力され、ここでも再度反射されて出力ポート3に送出される。一方、誘電体多層膜フィルタ1

6 aを透過した波長成分は、分岐ポート4より出力され、SOA12に入力される。

【0045】信号光成分は、SOA12を信号受信モードで使用することにより受信される。一方、被変調光成分はSOA12を信号送信モードで使用することにより増幅、変調され、挿入ポート5に入力される。入力された光は誘電体多層膜フィルタ16bを透過し、出力ポート3より出力される。本構成においては、SOA12を含む光学的ループは形成されないため、図4や図6の様なレーザ発振を抑圧するフィルタ等の発振抑圧手段の必要がない。また、透過型光BPFを用いたことで光サーキュレータも不要であり、構造を簡易化することができる。

【0046】(光回路の第7の実施形態)図10に示す本実施形態の光ADM1eには、1個の誘電体多層膜フィルタ16cで構成されたものを用いている。

【0047】入力ポート2より入力されたWDM信号光は、無反射コート17を施された誘電体多層膜フィルタ16cに入力され、ここで、信号光および被変調光成分(ここでは同一波長とする)は誘電体多層膜フィルタ16cを透過して分岐ポート4より出力され、SOA12に入力される。その他の波長成分は反射され、反射された波長成分は出力ポート3に送出される。

【0048】信号光成分は、SOA12を信号受信モードで使用することにより受信される。一方、被変調光成分はSOA12を信号送信モードで使用することにより増幅、変調され、挿入ポート5に入力される。

【0049】入力ポート2からの光の入射角度と挿入ポート5からの光の入射角度は、入力ポート2から分岐ポート4へ透過する光から見た誘電体多層膜フィルタ16cの光路長と、挿入ポート5から出力ポート3へ透過する光から見た誘電体多層膜フィルタ16cの光路長が同一となるように調整されている。したがって、挿入ポート5から入力された光は再度誘電体多層膜フィルタ16cを透過し、出力ポート3より出力される。

【0050】次に、基本構成における光ADM1として光サーキュレータを用いた例に戻って説明する。

【0051】(光回路の第8の実施形態)図11に示す本実施形態の光ADM1fには、図4における入力側光サーキュレータ11を4ポートとした4ポート光サーキュレータ18を用いる。また、4ポート光サーキュレータ18の4番目のポートに光検出器20を接続するとともに、3番目のポートである分岐ポート4とSOA12の間に信号分離用FBG19を配置した点で第2の実施形態と異なる。

【0052】図12の特性図は、光ADM1fの分岐波長帯域、信号分離用FBG19の反射波長帯域、およびBPF13の透過波長帯域の間の関係の一例を示している。

【0053】図12(a)に示す信号光120の波長

は、信号分離用FBG19の反射波長帯域121(図12(b))内に設定する。図12(a)に示す被変調光122の波長は、光ADM1fの分岐波長帯域123内であり、かつ信号分離用FBG19の反射帯域外124(図12(c))の波長を用いて伝送する。

【0054】入力ポート2に入力されたWDM信号光のうち、信号光と被変調光は分岐ポート4より出力され、信号分離用FBG19へと入力される。信号光は信号分離用FBG19により反射され分岐ポート4へ再入力され、4ポートサーキュレータ18により光検出器20に入力される。被変調光は信号分離用FBG19を透過し、SOA12により増幅、変調された後、BPF13を通過して挿入ポート5へと入力される。

【0055】本実施形態によれば、独立した別々の波長(図12(a))を用いて受信信号と送信信号の伝送を行っているため、受信信号と送信信号の同期をとる必要がないという利点がある。

【0056】(光回路の第9の実施形態)信号光と被変調光に対し別の波長を用いた図11の構成は、透過型光BPFを用いた本発明に係る光回路にも適用可能である。その一例として図13に示した本実施形態は、分岐ポート4とSOA12の間に図の様に光サーキュレータ11と信号分離用FBG19を配置し、光サーキュレータ11からの光を光検出器20に入力したものである。

【0057】ここで、光ADM1の分岐波長帯域と信号分離用FBG19の反射波長帯域を、例えば図12に示した様な独立の関係としてある。

【0058】なお、上述した本発明に係る光部品の各実施形態において、反射型光バンドパスフィルタ(FBG10)あるいは透過型光バンドパスフィルタ(誘電体多層膜フィルタ16a, 16b, 16c)を波長可変のものとすることにより、各実施形態による回路の信号受信および信号送信の波長を可変とすることが出来る。

【0059】例えば、FBG10を用いた場合には、その温度と印加する張力を変化することにより波長可変を行いうことが出来る。また、誘電体多層膜フィルタ16, 16b, 16cを用いた場合には、その膜厚を変化させる構成を採用することで長可変を行いうことが可能である。

【0060】(波長多重光ネットワークの第1の実施形態)次に、上述した本発明に係る光部品の各実施形態をRNに配置した波長多重光ネットワーク(リングネットワーク)の第1の実施形態について、図14を参照して説明する。

【0061】本実施形態のリングネットワークでは、k番目のRNk23を含んだn個のRN22と1個のCN21を主伝送路27に配置し、各RN22およびRNk23がCN21と1対1で通信を行う。RNk23は上記各実施形態の光部品のいずれかの構成(ここでは図2の基本構成)をとるもので、ここでは1個のRNが当該構成をとるものとして図示したが、リングネットワーク

内の複数のRNを当該構成としてもよい。

【0062】CN21には高精度に波長制御されたレーザ光源24が複数個配置されており、各RN22に対して異なる波長チャネルを割り当てる。各波長の光は、CN21からRN22への信号光成分とRN22からCN21への通信信号の搬送波である被変調光成分とを含む。ここで、信号光成分と被変調光成分は、図3を参照して説明したように同一波長を用いて時間的に多重してもよいし、図11を参照して説明したようにRN22に割り当てられた波長帯域内において異なる波長を用いて波長多重してもよい。

【0063】CN21から送出されたWDM信号のうち、波長 λ_k の光は光回路のRNk23において分岐される。信号光成分はRNk23が持つ光信号分離手段8により分離され、受信される。被変調光成分は、通信信号により変調された後、WDM信号に挿入されて次段のCN21に送出される。

【0064】本実施形態のネットワーク構成においては、RN22においてレーザの波長制御を行う必要がないため、ネットワークの信頼性を向上させ、保守、管理を簡略化することができる。さらに、より高密度なWDM伝送を行うことも可能となる。

【0065】(波長多重光ネットワークの第2の実施形態)図15は本発明に係る波長多重光ネットワークの第2の実施形態の構成図である。

【0066】図15には、互いに送信波長および方向が異なる2パス中にセンタノードおよび複数のリモートノードを備え、各パスに本発明に係る光回路であるRNx28とRNy29を配置した2ファイバの双方向伝送型WDMリングネットワークを構成した例を示している。本実施の形態においては、CN21から供給された被変調光を用いて、RNx28とRNy29間で専用線的なネットワークを構築した。

【0067】時計回り(CW)に光が伝搬する光ファイバ155で波長 λ_y のパス156を構成しており、パス156において、波長 λ_y を分岐する光ADM151と、分岐した光信号を受信する光検出器20cがx番目のRNx28(他は図示を省略)に配置され、波長 λ_y を分岐して変調する本発明に係る光回路152がy番目のRNy29(他は図示を省略)に配置されている。一方、反時計回り(CCW)に光が伝搬する光ファイバ157で λ_x のパス158を構成しており、パス158において、波長 λ_x を分岐して変調する本発明に係る光回路1524RNx28に配置され、波長 λ_x を分岐する光ADM153と、分岐した光信号を受信する光検出器20ccがRNy29に配置されている。

【0068】RNx28からRNy29への通信の場合は、CCW伝送光ファイバ157上に波長 λ_x の被変調光を送出し、RNx28において分岐、増幅、変調および挿入を行って、RNy29の受信系において受信す

る。逆方向のCW伝送の場合には、光ファイバ155上において波長 λ_y を用いて同様のことを行う。

【0069】RNx28またはRNy29をユーザとした場合、本実施の形態に示した構成により、ユーザは光源波長の高精度な制御をすることなく、その波長を用いた専用線的サービスを受けることが出来る。

【0070】なお、ここでは1パス中の1個のRNが上記構成をとるものとして図示したが、1パス内ら複数のRNを設け。これらのうち複数を当該構成としてもよい。

【0071】(光回路の第10の実施形態)次に、上述した本発明に係る光部品を波長変換器として構成する実施形態について、図16を参照して説明する。

【0072】ここで、本発明に係る光回路中の光増幅手段6兼光変調手段7としてSOA12を用いた場合、Ramaswami等によればSOA12中における相互利得変調(Cross Gain Modulation: CGM)、相互位相変調(Cross Phase modulation: CPM)、四光波混合(Four Wave Mixing: FWM)等の効果を利用して波長変換器を構成することが出来る(R. Ramaswami and K. N. Sivarajan, "Optical networks a practical perspective," Morgan Kaufmann Publishers, Inc, 1998.)ことが知られている。

【0073】図16の構成はSOA12中のCGMを利用しており、本実施の形態は、図4の光回路において光カプラ15を分岐ポート4とSOA12の間に挿入した構成となっている。

【0074】光カプラ160の光信号挿入ポート164から波長 λ_2 の強度変調された光を入力する。波長 λ_2 の光は光ADM1aにより分岐された波長 λ_1 の光と光カプラ160により合波され、SOA12に入力される。SOA12におけるCGM効果により、連続光である波長 λ_1 の光に対するSOA12の利得は波長 λ_2 の光強度が大きいときは小さくなり、波長 λ_2 の光強度が小さくなると大きくなる。

【0075】この結果、波長 λ_1 の光は波長 λ_2 の光の信号パターンと逆のパターンに強度変調される。ここで、SOA12の後段に配置されたBPF13の透過帯域は、波長 λ_1 の光は透過し、波長 λ_2 の光は遮断するよう設計されており、これによりレーザ発振は抑制される。

【0076】このようにして、光カプラ160に入力された波長 λ_2 の光信号は波長 λ_1 に変換され、BPF13より出力される。その後、波長 λ_1 の信号は光ADM1aの挿入ポート5に入力され、元のWDM信号に挿入される。

【0077】本実施の形態においては、光ADM1aと

して光サーチュレータ11とFBG10を用いた構成を使用しているが、他の構成の光ADM1b, ……1fを用いても同様に構成することが可能である。

【0078】(波長多重光ネットワークの第3の実施形態)図15は第10の実施形態の光回路である波長変換器を異なるWDMネットワーク間のインターフェースとして使用した波長多重光ネットワークの実施形態の構成図である。

【0079】CN21と複数のRN22からなるWDMリングネットワークへ、他のネットワークまたは孤立したノード170から波長 λ_{other} の光信号が伝送される。波長 λ_{other} の信号は、k番目のRN_k23に配置された第10の実施形態の光回路160の光信号挿入ポート164から入力され、RN_k23に割り当てられた波長 λ_k に波長変換された後、主伝送線路27上のWDM信号に挿入される。

【0080】本実施形態によれば、高精度に波長制御された光源を持たないRN_k23においても、他のネットワーク、あるいは孤立したノード170からの光信号を、RN_k23の属するWDMネットワークの波長グリッドに高精度に再配置することができる。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光回路および当該光回路を用いた波長多重光ネットワークによれば、光源の温度依存性によらず波長多重光ネットワークのリモートノードにおける光源の波長制御を不要として信頼性を低下させることもなくなり、波長多重光ネットワークの保守、管理をより容易にすることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の基本構成を示す構成図である。

【図2】本発明の第2の基本構成(受信機付き)を示す構成図である。

【図3】本発明に係る光回路の第1の実施形態を示す構成図である。

【図4】本発明に係る光回路の第2の実施形態を示す構成図である。

【図5】第2の実施形態におけるFBGとBPFの透過スペクトルの関係を示す特性図である。

【図6】本発明に係る光回路の第3の実施形態を示す構成図である。

【図7】本発明に係る光回路の第4の実施形態を示す構成図である。

【図8】本発明に係る光回路の第5の実施形態を示す構成図である。

【図9】本発明に係る光回路の第6の実施形態を示す構成図である。

【図10】本発明に係る光回路の第7の実施形態を示す構成図である。

【図11】本発明に係る光回路の第8の実施形態を示す

構成図である。

【図12】本発明に係る光回路の第8の実施形態におけるFBGと信号分利用FBGの反射スペクトル、BPFの透過スペクトルおよび信号光、被変調光の波長の関係を示す特性図である。

【図13】本発明に係る光回路の第9の実施形態を示す構成図である。

【図14】本発明に係る光回路を用いて構成した波長多重光ネットワークの第1の実施形態を示す構成図である。

【図15】本発明に係る光回路を用いて構成した波長多重光ネットワークの第2の実施形態を示す構成図である。

【図16】本発明に係る光回路の第10の実施形態を示す構成図である。

【図17】本発明に係る光回路の第10の実施形態を用いて構成した、波長多重光ネットワークの第3の実施形態を示す構成図である。

【図18】従来のWDMネットワークの一構成例を示す構成図である。

【図19】従来のWDMネットワークにおいて、FBGと光サーチュレータを含んで構成される光ADMを用いた従来の光部品(RN)の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

1, 1a, …1f, 151, 153 光アドドロップ合波器(ADM)

2 入力ポート

3 出力ポート

4 分岐ポート

5 挿入ポート

6 光増幅手段

7 光変調手段

8 光信号分離手段

9 光信号検出手段

10 ファイバプラググレーティング(FBG)

11 光サーチュレータ

12 半導体光増幅器(SOA)

13 光バンドパスフィルタ(BPF)

14 光アイソレータ

15 光カプラ

16a, 16b, 16c 誘電体多層膜フィルタ

17 無反射コート

18 4ポート光サーチュレータ

19 信号分離用FBG

20, 20cw, 20ccw 光検出器

21 センタノード(CN)

22 リモートノード(RN)

23 第k番目のリモートノード(RN_k)

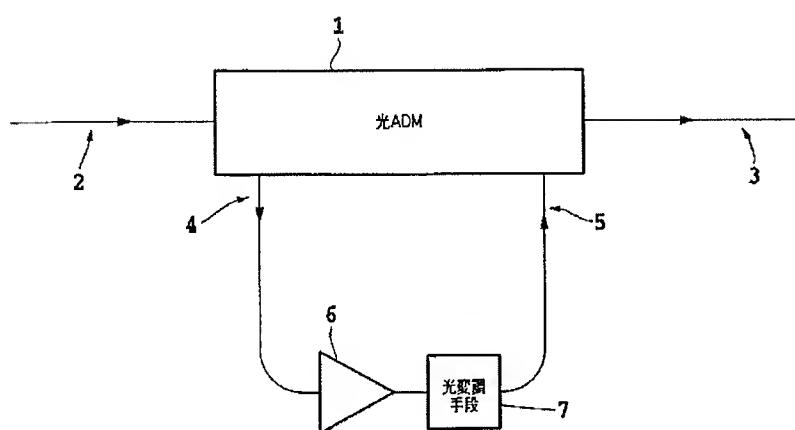
24 レーザ

25 波長マルチプレクサ(波長MUX)

26 波長デマルチプレクサ (波長DMUX)
 27 主伝送線路
 28 第x番目のRN (RN_x)
 29 第y番目のRN (RN_y)
 152, 154 光回路
 155 光ファイバ (時計回り伝送)

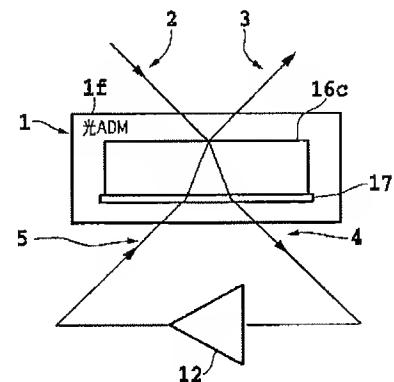
【図1】

基本構成



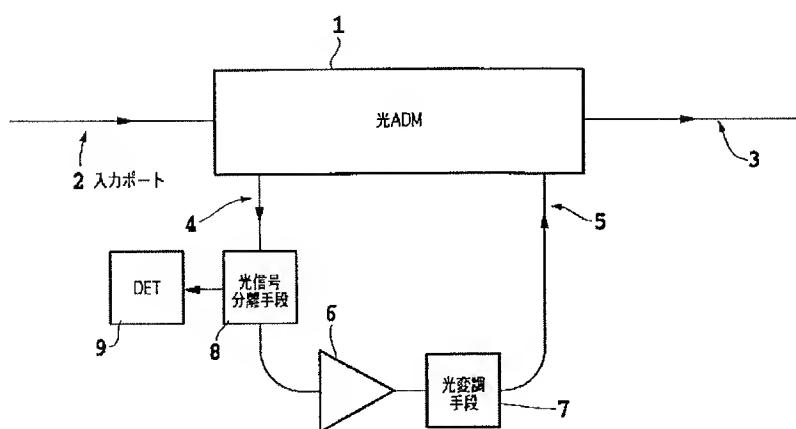
【図10】

第7の実施形態 (光部品)



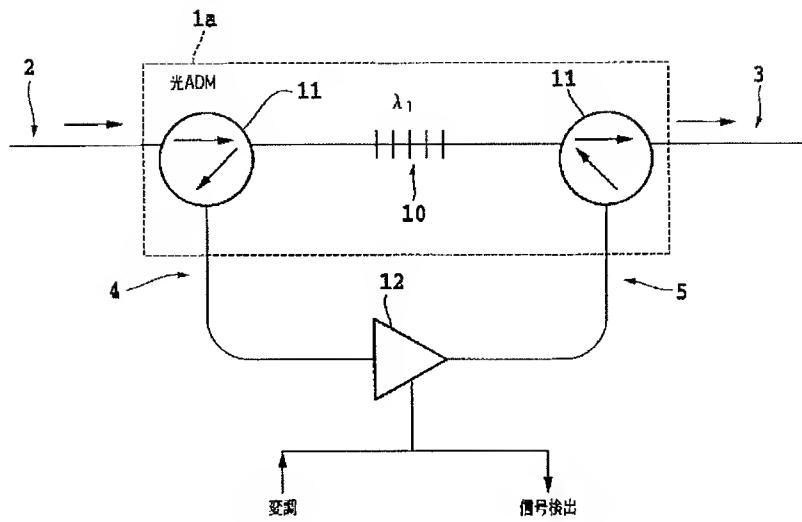
【図2】

受信機付きの基本構成



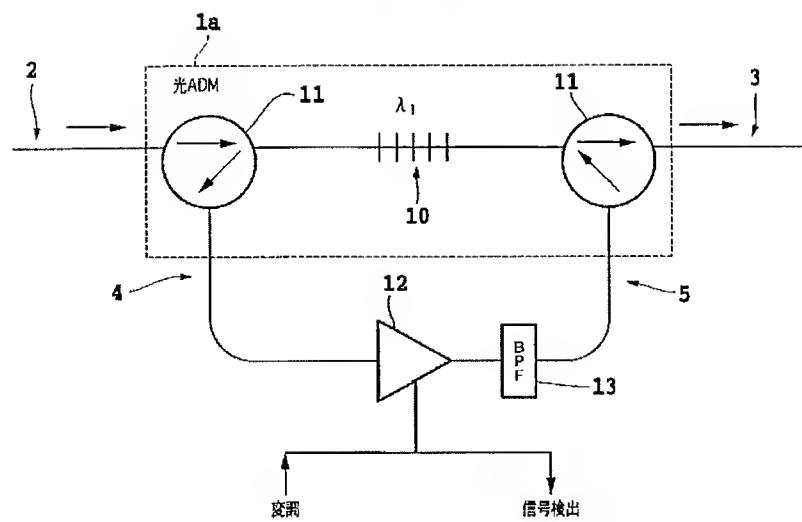
【図3】

第1の実施形態(光部品)

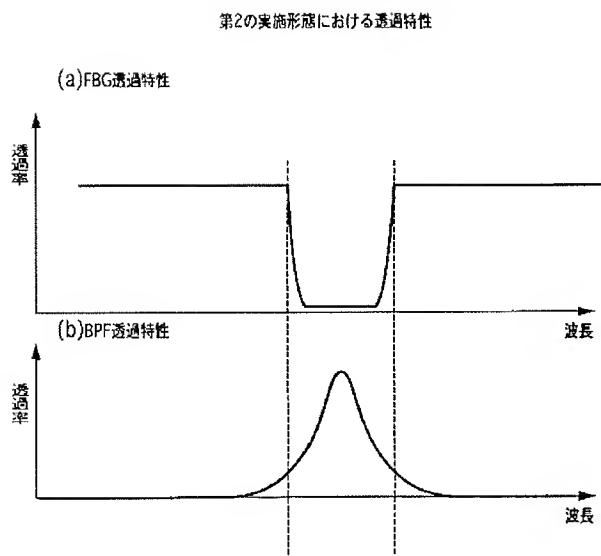


【図4】

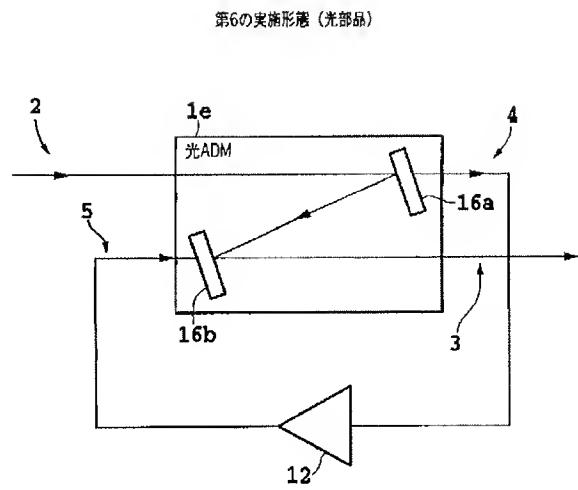
第2の実施形態(光部品)



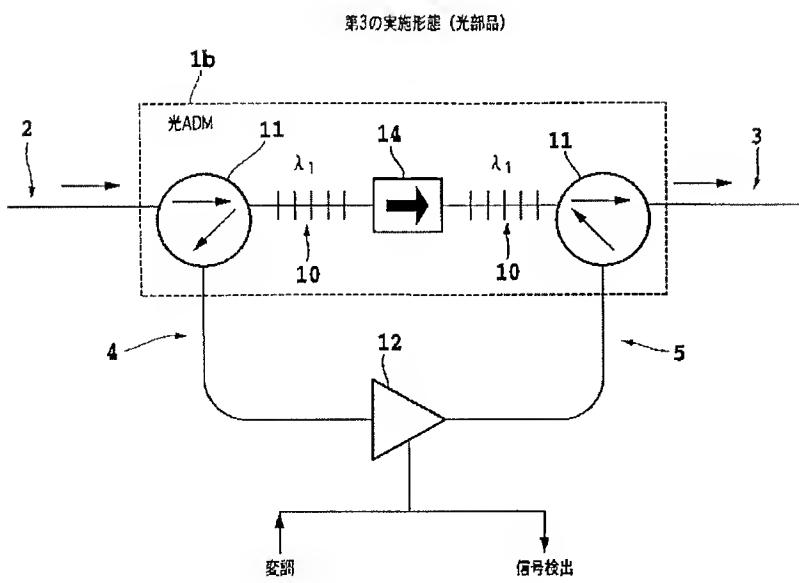
【図5】



【図9】

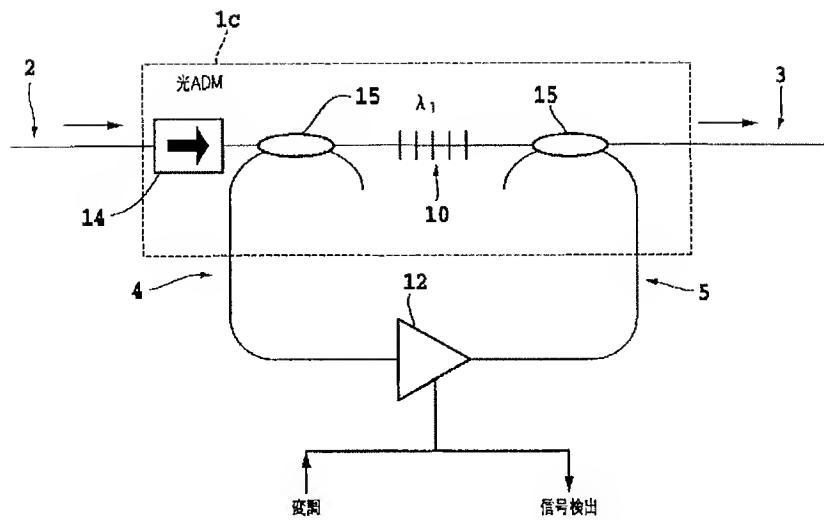


【図6】



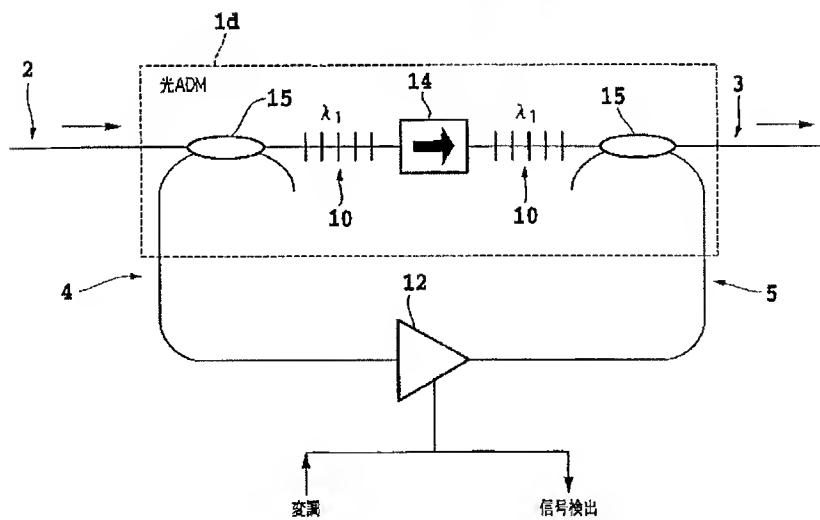
【図7】

第4の実施形態(光部品)



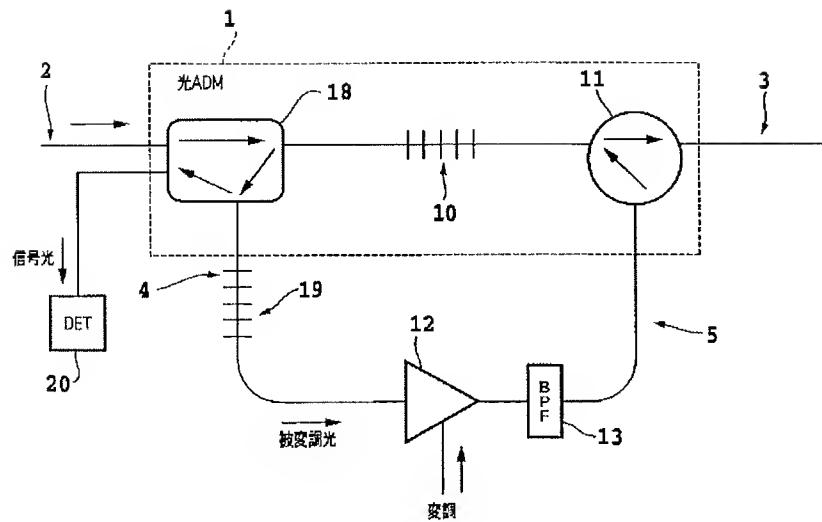
【図8】

第5の実施形態(光部品)

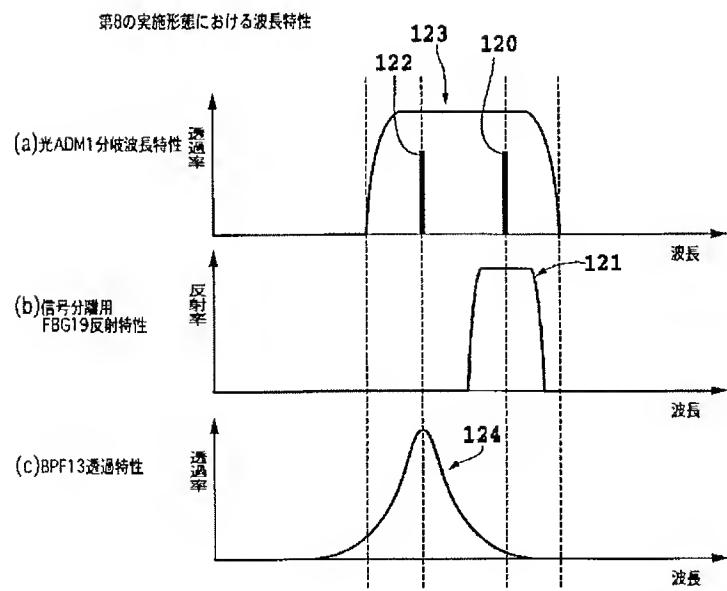


【図11】

第8の実施形態(光部品)

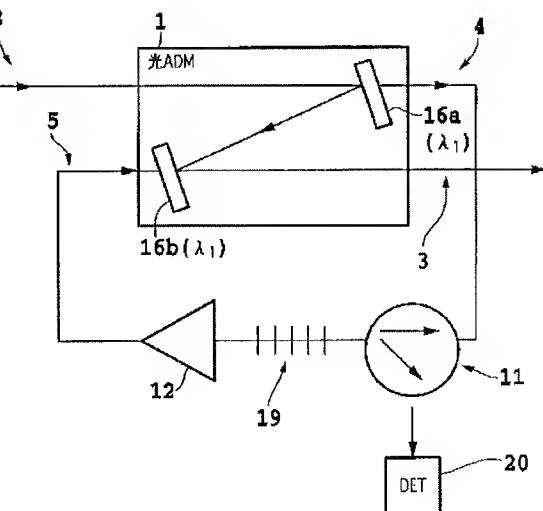


【図12】

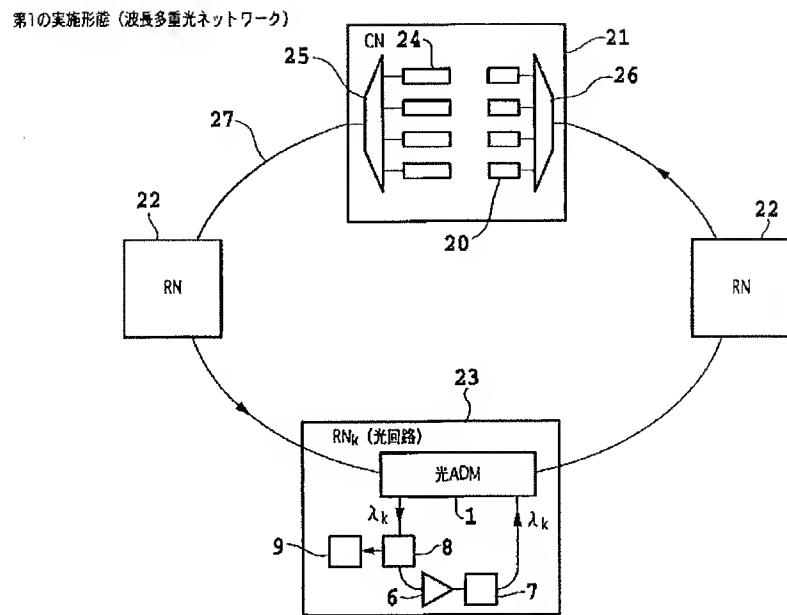


【図13】

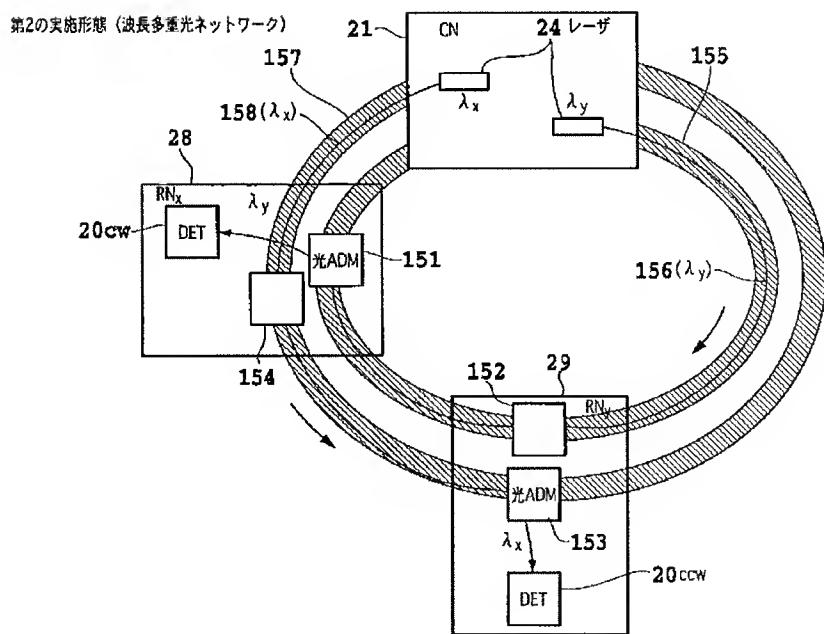
第9の実施形態(光部品)



【図14】

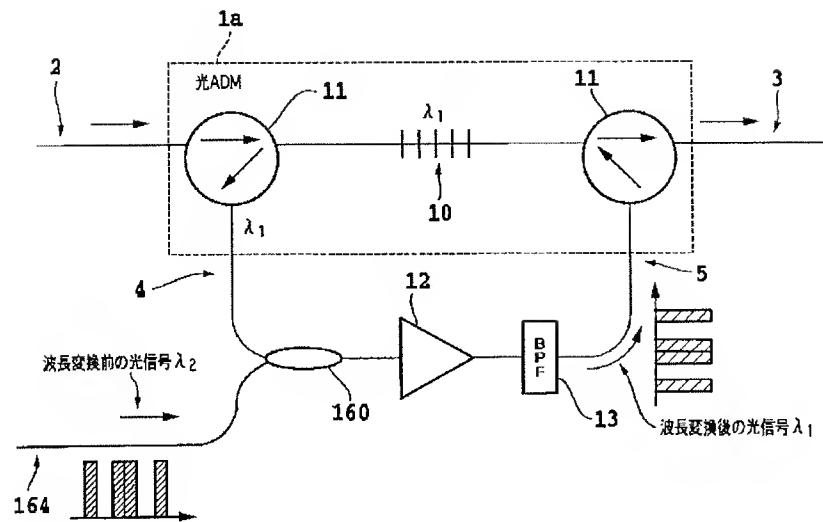


【図15】



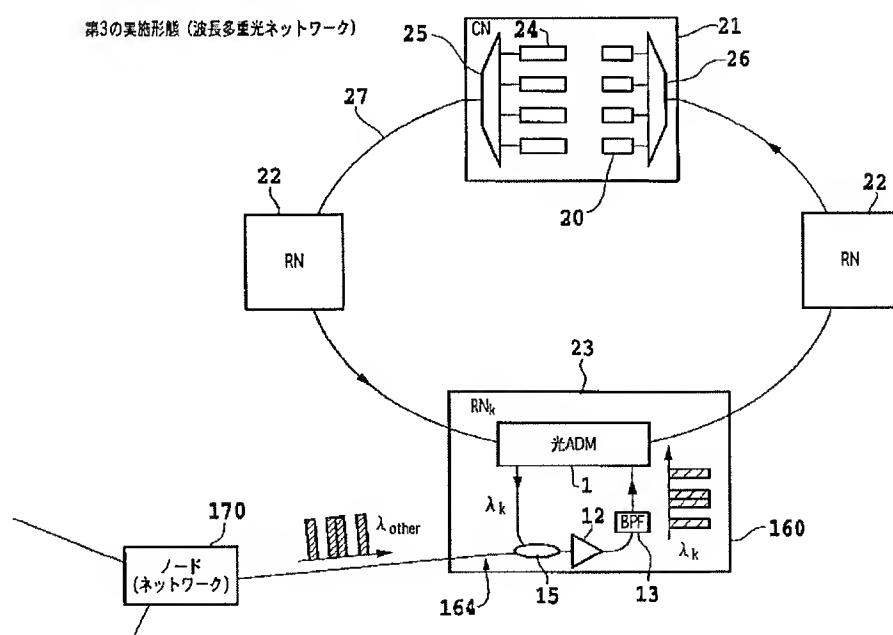
【図16】

第10の実施形態(光部品)

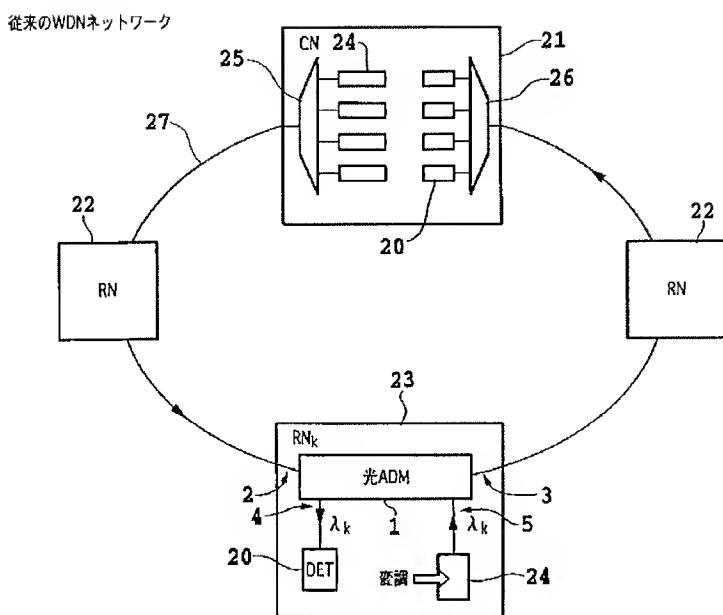


【図17】

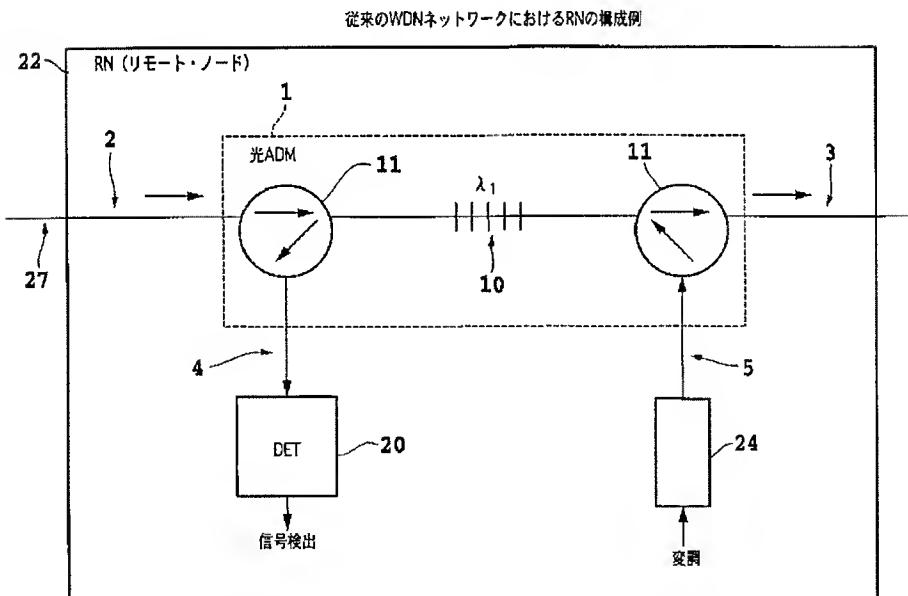
第3の実施形態(波長多重光ネットワーク)



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51) Int.CI.⁷

H 0 4 J 14/00

14/02

H 0 4 B 10/20

識別記号

F I

H 0 4 B 9/00

マークド (参考)

E

N

(72) 発明者 杉江 利彦
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H079 AA08 BA01 CA04 DA16 EA07
HA11 KA08 KA20
2K002 AA02 AB01 AB02 AB12 AB30
BA01 DA11 GA10 HA00
5K002 AA05 BA02 BA05 CA13 CA14
DA02 DA11 FA01

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第3区分

【発行日】平成14年4月5日(2002.4.5)

【公開番号】特開2001-244885(P2001-244885A)

【公開日】平成13年9月7日(2001.9.7)

【年通号数】公開特許公報13-2449

【出願番号】特願2000-52548(P2000-52548)

【国際特許分類第7版】

H04B 10/02

G02F 1/01

1/313

2/02

H04J 14/00

14/02

H04B 10/20

【F I】

H04B 9/00 U

G02F 1/01 F

C

1/313

2/02

H04B 9/00 E

N

【手続補正書】

【提出日】平成13年11月29日(2001.11.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】光回路および波長多重光ネットワーク

【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の光サーチュレータと、前記第1の光サーチュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光サーチュレータとからなる手段であって、波長多重された入力光から所定帯域内の分岐光を出力し、外部から到来する光のうち、所定帯域内の光を挿入して出力する波長分岐／挿入手段を備えた光回路であって、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定帯域内の光を増幅する増幅手段と、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定帯域内の光を変調する変調手段とを備え、

前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記波長分岐／挿入手段により前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路。

【請求項2】請求項1に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記分岐光から信号成分を分離する分離手段と、前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出手段とを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項3】請求項1に記載の光回路において、前記第1の光サーチュレータは4ポート光サーチュレータからなり、

前記4ポート光サーチュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項4】請求項1乃至3のいずれかに記載の光回路において、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を透過する透過型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項5】請求項1に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、前記第1の光サーチュレータの出力と結合する第1の反

射型光バンドパスフィルタと、
前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と
結合する光アイソレータと、
前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バ
ンドパスフィルタと、
前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と
結合する第2の光サーキュレータとからなり、
前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各
反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする
光回路。

【請求項6】 第1の光カプラと、前記第1の光カプラ
から出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射
し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタ
と、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結
合する第2の光カプラとからなる手段であって、波長多
重された入力光から所定波長帯域内の分岐光を出力し、
外部から到来する光のうち、所定波長帯域内の光を挿入
して出力する波長分岐／挿入手段を備えた光回路であつ
て、
前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長
帯域内の光を増幅する増幅手段と、
前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長
帯域内の光を変調する変調手段とを備え、
前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された
光を前記波長分岐／挿入手段により前記波長多重された
光に挿入することを特徴とする光回路。

【請求項7】 請求項6に記載の光回路において、
前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記分岐光か
ら信号成分を分離する分離手段と、
前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出
手段とを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項8】 請求項6または7に記載の光回路において、
前記第1の光カプラの入力に光アイソレータを備えたこ
とを特徴とする光回路。

【請求項9】 請求項6に記載の光回路において、
前記波長分岐／挿入手段は、
前記第1の光カプラの出力と結合する第1の反射型光バ
ンドパスフィルタと、
前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と
結合する光アイソレータと、
前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バ
ンドパスフィルタと、
前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と
結合する第2の光カプラとからなり、
前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各
反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする
光回路。

【請求項10】 波長多重された入力光から所定波長帯
域内の分岐光を出力し、外部から到来する光のうち、所

定波長帯域内の光を挿入して出力する透過型光バンドパ
スフィルタと、
前記透過型光バンドパスフィルタにより分岐された前記
所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、
前記透過型光バンドパスフィルタにより分岐された前記
所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、
前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された
光を前記透過型光バンドパスフィルタにより前記波長多
重された光に挿入することを特徴とする光回路。

【請求項11】 請求項10に記載の光回路において、
前記透過型光バンドパスフィルタにより分岐された前記
分岐光から信号成分を分離する分離手段と、
前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出
手段とを備えたことを特徴とする光回路。

【請求項12】 請求項1または11に記載の光回路に
において、
前記波長分岐／挿入手段または前記透過型光バンドpas
フィルタの波長帯域特性を変化させることで、送信およ
び受信波長特性を可変することを特徴とする光回路。

【請求項13】 センタノードと複数のリモートノード
を備え、前記複数のリモートノードの少なくとも一つが
請求項1乃至12のいずれかに記載の前記光回路を光信号
送信機または送受信機として有する波長多重光ネット
ワークであつて、
前記光回路が備える前記波長分岐／挿入手段は、前記各
リモートノードにおいて異なる分岐波長帯域を有し、
前記複数のリモートノードの各々に対し、前記波長分岐
／挿入手段により分岐される波長の被変調用光および信
号光を前記センタノードから分配し、
前記リモートノードにおいて、前記分配された前記被變
調用光を前記増幅変調手段を用いて変調することで光信
号を送出することを特徴とする波長多重光ネットワー
ク。

【請求項14】 請求項13に記載の波長多重光ネット
ワークにおいて、
互いに送信波長および方向が異なる第1および第2の送
信パス中に前記センタノードおよび前記複数のリモート
ノードを備えることを特徴とする波長多重光ネットワー
ク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光回路および波長多
重 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 光ネットワークに関し、特
に、入力光を変調して出力する光回路および当該光回路
を用いて構成した波長多重光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】 図16は、センタノード (CN) 21と
リモートノード (RN) 22からなり、RN22に光ア
ドドロップ合波器 (Optical Add-drop

M u l t i p l e x e r : A D M) 1 を配した従来の WDM リングネットワークの一例の概念図を示す。

【0003】光 ADM 1 は、主伝送線路 27 を伝搬する WDM 信号から特定の波長帯域内の波長チャネルの光信号を分岐し、光検出器 20 により受信する。また、当該特定の波長帯域内で発振するレーザ 24 を各 RN 22 内に配置しており、CN 21 内のレーザ 24 からの出力光を変調して生成した光信号を、光 ADM 1 によって主伝送線路 27 に挿入する。

【0004】図 17 は、前述した従来リングネットワークの RN 22 において、光 ADM 1 としてファイバブランググレーティング (F i b e r B r a g g G r a t i n g : F B G) 10 と光サーキュレータ 11 を用いた例を示す。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記の RN 22 に配置するレーザ 24 としては、半導体レーザを用いるのが一般的である。しかし、半導体レーザの発振波長は温度変化に対して非常に敏感に変化する。小西等による参考文献（小西良弘監修、山本著、”光ファイバ通信技術”、日刊工業新聞社、1995.）によると、1. 5 μ m 帯で発振する D i s t r i b u t e d - f e e d b a c k (D F B) レーザでは 0. 097 nm/K、ファブリペロー (F a b r y - P e r o t : F P) レーザでは、0. 5 nm/K の温度依存性が報告されている。

【0006】したがって、例えば DFB レーザの発振波長変化を $\pm 1 \text{ GHz}$ 以内に抑えるためには、その温度変化を約 $\pm 0.1 \text{ K}$ 以内に制御しなければならない。そのためには、複数個の RN 22 それぞれに高精度の温度制御器を配置してレーザの温度を安定化する必要がある。温度の安定制御のための当該構成は RN 22 の低コスト化の障害となり、また、当該構成を採用しないことで信頼性を低下させる一因となっていた。

【0007】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであって、その目的は、波長多重光ネットワークのリモートノードにおいてレーザ光源の高精度な波長制御に対する要求を緩和することのできる光部品、および当該光回路を用いた波長多重光ネットワークを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために請求項 1 の発明は、第 1 の光サーキュレータと、前記第 1 の光サーキュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第 2 の光サーキュレータとからなる手段であって、波長多重された入力光から所定波長帯域内の分岐光を出し、外部から到来する光のうち、所定波長帯域内の光を挿入して出力する波長分岐／挿入手段を備えた光回路であって、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記波長分岐／挿入手段により前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路を提供する。

手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記波長分岐／挿入手段により前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路を提供する。

【0009】請求項 2 の発明は、請求項 1 に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記分岐光から信号成分を分離する分離手段と、前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出手段とを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0010】請求項 3 の発明は、請求項 1 に記載の光回路において、前記第 1 の光サーキュレータは 4 ポート光サーキュレータからなり、前記 4 ポート光サーキュレータから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0011】請求項 4 の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光回路において、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を透過する透過型光バンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0012】請求項 5 の発明は、請求項 1 に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、前記第 1 の光サーキュレータの出力と結合する第 1 の反射型光バンドパスフィルタと、前記第 1 の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する光アイソレータと、前記光アイソレータの出力と結合する第 2 の反射型光バンドパスフィルタと、前記第 2 の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第 2 の光サーキュレータからなり、前記第 1 および第 2 の反射型光バンドパスフィルタは各反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする光回路を提供する。

【0013】請求項 6 の発明は、第 1 の光カプラと、前記第 1 の光カプラから出力される光から所定帯域の波長を選択的に反射し、他の波長を透過する反射型光バンドパスフィルタと、前記反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第 2 の光カプラとからなる手段であって、波長多重された入力光から所定波長帯域内の分岐光を出し、外部から到来する光のうち、所定波長帯域内の光を挿入して出力する波長分岐／挿入手段を備えた光回路であって、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、前記波長分岐／挿入手段により分岐された前記所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記波長分岐／挿入手段により前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路を提供する。

【0014】請求項 7 の発明は、請求項 6 に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段により分岐された

前記分岐光から信号成分を分離する分離手段と、前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出手段とを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0015】請求項8の発明は、請求項6または7に記載の光回路において、前記第1の光カプラの入力に光アイソレータを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0016】請求項9の発明は、請求項6に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段は、前記第1の光カプラの出力と結合する第1の反射型光バンドパスフィルタと、前記第1の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する光アイソレータと、前記光アイソレータの出力と結合する第2の反射型光バンドパスフィルタと、前記第2の反射型光バンドパスフィルタの透過光出力と結合する第2の光カプラとからなり、前記第1および第2の反射型光バンドパスフィルタは各反射波長帯域の一部がオーバラップすることを特徴とする光回路を提供する。

【0017】請求項10の発明は、波長多重された入力光から所定波長帯域内の分岐光を出力し、外部から到来する光のうち、所定波長帯域内の光を挿入して出力する透過型光バンドパスフィルタと、前記透過型光バンドパスフィルタにより分岐された前記所定波長帯域内の光を増幅する増幅手段と、前記透過型光バンドパスフィルタにより分岐された前記所定波長帯域内の光を変調する変調手段とを備え、前記増幅手段と、前記変調手段により増幅、変調された光を前記透過型光バンドパスフィルタにより前記波長多重された光に挿入することを特徴とする光回路を提供する。

【0018】請求項11の発明は、請求項10に記載の光回路において、前記透過型光バンドパスフィルタにより分岐された前記分岐光から信号成分を分離する分離手段と、前記分離手段により分離された信号を検出する信号検出手段とを備えたことを特徴とする光回路を提供する。

【0019】請求項12の発明は、請求項1または11に記載の光回路において、前記波長分岐／挿入手段または前記透過型光バンドパスフィルタの波長帯域特性を変化させることで、送信および受信波長特性を可変することを特徴とする光回路を提供する。

【0020】請求項13の発明は、センタノードと複数のリモートノードを備え、前記複数のリモートノードの少なくとも一つが請求項1乃至12のいずれかに記載の前記光回路を光信号送信機または送受信機として有する波長多重光ネットワークであって、前記光回路が備える前記波長分岐／挿入手段は、前記各リモートノードにおいて異なる分岐波長帯域を有し、前記複数のリモートノードの各々に対し、前記波長分岐／挿入手段により分岐される波長の被変調用光および信号光を前記センタノードから分配し、前記リモートノードにおいて、前記分配

された前記被変調用光を前記増幅変調手段を用いて変調することで光信号を送出することを特徴とする波長多重光ネットワークを提供する。

【0021】請求項14の発明は、請求項13に記載の波長多重光ネットワークにおいて、互いに送信波長および方向が異なる第1および第2の送信パス中に前記センタノードおよび前記複数のリモートノードを備えることを特徴とする波長多重光ネットワークを提供する。

【0022】

【発明の実施の形態】（光回路の第1の実施形態）図1は本発明に係る光回路の第1の実施形態を示す。

【0023】図1に示す本実施形態の光回路は、FBG10と1対の光サーチュレータ11と半導体光増幅器（Semiconductor Optical Amplifier: SOA）12からなる。FBG10は波長選択透過特性を示し、反射型光バンドパスフィルタとして機能する。

【0024】入力ポート側の第1の光サーチュレータ11にポート101より入力された波長多重光は、ポート102より出力されてFBG10に入力される。FBG10において波長 λ_1 の光が反射され、ポート102に再入力されてポート103より出力され、SOA12に入力される。

【0025】SOA12の駆動電流を本光回路より発振する信号を用いて変調することにより、入力された波長 λ_1 の光に変調信号が印加される。この変調された波長 λ_1 の光は出力ポート側の第2の光サーチュレータ11にポート101より入力され、ポート102より出力されてFBG10に入力される。FBG10において波長 λ_1 の光が反射されることにより、WDM信号に波長 λ_1 の光が挿入される。

【0026】波長 λ_1 の光が挿入されたWDM信号は第2の光サーチュレータ11のポート102に入力され、ポート103より出力ポート側へと出力される。

【0027】さらに、信号光と被変調光を同一波長を用いて伝送する場合、当該同一波長の光を時間領域において信号光を送る領域と被変調光を送る領域に分割する。

【0028】このとき、SOA12の駆動形態も時間領域で信号受信モードと信号送信モードに分割する。Gustavsson等によれば、信号受信モードにおいてSOA12に光信号パルス列を入力すると、SOA12のバイアス電圧はパルスパターンに従って変化する（M. Gustavsson, A. Karlsson, and L. Thylen, "Traveling wave semiconductor laser amplifiers and detectors," Journal of Lightwave Technol., Vol. 8, No. 4, pp. 610-617, 1990.）。この変化を観測することは光信号を受信することと等価である。

【0029】信号送信モードにおいては、送信する信号を用いてSOA12の駆動電流を変調する。分岐される波長チャネルが信号光を送信する時間領域にあるときは、信号受信モードでSOA12を使用して信号光を受信する。一方、被変調光を送信する時間領域にあるときは、SOA12を信号送信モードで使用する。すなわち、SOA12は、増幅手段、変調手段、分離手段および信号検出手段の各機能を兼ね備えたものとして使用する。

【0030】本実施形態では、分岐側の光サーキュレータ11、FBG10、挿入側の光サーキュレータ11、およびSOA12によりゲイン媒質を含む光学的ループが形成される。したがって、FBG10の反射帯域以外の点におけるレーザ発振が励起される可能性がある。このとき、注入電流によってSOA12に供給したエネルギーの多くがレーザ発振のエネルギーに転換されると、被変調光に対するSOA12の利得が低下することがある。さらに、レーザ発振が不安定になると、SOA12の利得が時間的に変動することがある。

【0031】(光回路の第2の実施形態) 本実施形態は第1の実施形態におけるレーザ発振を抑圧するための構成を実現するもので、図2にその構成を示す。SOA12の後段に光バンドパスフィルタ(Bandpass filter: BPF)13を挿入して本実施形態としている。

【0032】図3は、このBPF13の透過波長帯域とFBG10の透過波長帯域の関係の一例を示す特性図である。

【0033】図3(a), (b)は略同一波長帯域で相反する特性を示しており、このようなBPF13とFBG10を組み合わせ、前述した光学的ループの損失を全波長帯域にわたってSOA12の利得より大きくすることにより、第1の実施形態で問題とされ得るレーザ発振を抑圧するように改善することができる。

【0034】(光回路の第3の実施形態) 本実施形態は第1の実施形態におけるレーザ発振を抑圧するための別の構成を実現するもので、図4にその構成を示す。本実施形態においては、1対の光サーキュレータ11間に分岐光(信号光および被変調光)を反射するFBG10を2個用い、両FBG間に光アイソレータ14を配置した光学要素を用いている。

【0035】本実施形態は、上記構成によって前述光学的ループを断することで、第1の実施形態で問題とされ得るレーザ発振を解消している。

【0036】(光回路の第4の実施形態) 図5に示す本実施形態は、2個の光カプラ15とFBG10を含んでいる。さらに、入力ポート2に光アイソレータ14を接続し、光アイソレータ14と両光カプラ15とFBG10からなる光学要素を用いたことで、FBG10より反射される光が入力ポート2から出力されることを回避している。

ている。

【0037】しかしながら、本実施形態においても前述した図1における第1の実施形態と同様に、入力側光カプラ15、FBG10、出力側光カプラ15、SOA12を含む光学的ループにおいてレーザ発振の問題が生じ得る。そこで、図2あるいは図4において光サーキュレータ11を光カプラ15に代える構成を用いることにより、この光学的ループの損失をすべての波長帯域にわたりSOA12の利得より大きくすることができる。

【0038】(光回路の第5の実施形態) 図6に示す本実施形態は、第3の実施形態(図4)における光サーキュレータ11をそれぞれ光カプラ15に置き換えて構成した光学要素を用いたものである。これにより、上述光学的ループを断とすることで、レーザ発振を回避することが出来る。

【0039】次に、透過型光BPFを用いた本発明に係る光回路の実施形態(第6および第7の実施形態)を説明する。

【0040】(光回路の第6の実施形態) 図7に示す本実施形態の光回路は、誘電体多層膜フィルタ16a, 16bからなる光学要素と半導体光増幅器(SOA)12などで構成されている。各誘電体多層膜フィルタ16a, 16bは共に同一の透過波長を有している。

【0041】入力ポート2より入力されたWDM信号光は誘電体多層膜フィルタ16aに入力され、ここで、信号光および被変調光成分(ここでは同一波長とする)は誘電体多層膜フィルタ16aを透過する。その他の波長成分は反射され、反射された波長成分は誘電体多層膜フィルタ16bに入力され、ここでも再度反射されて出力ポート3に送出される。一方、誘電体多層膜フィルタ16aを透過した波長成分は、分岐ポート4より出力され、SOA12に入力される。

【0042】信号光成分は、SOA12を信号受信モードで使用することにより受信される。一方、被変調光成分はSOA12を信号送信モードで使用することにより増幅、変調され、挿入ポート5に入力される。入力された光は誘電体多層膜フィルタ16bを透過し、出力ポート3より出力される。本構成においては、SOA12を含む光学的ループは形成されないため、図2や図4の様なレーザ発振を抑圧するフィルタ等の発振抑圧手段の必要がない。また、透過型光BPFを用いたことで光サーキュレータも不要であり、構造を簡易化することができる。

【0043】(光回路の第7の実施形態) 図8に示す本実施形態の光回路は、1個の誘電体多層膜フィルタ16cからなる光学要素と半導体光増幅器(SOA)12などで構成されている。

【0044】入力ポート2より入力されたWDM信号光は、無反射コート17を施された誘電体多層膜フィルタ16cに入力され、ここで、信号光および被変調光成分

(ここでは同一波長とする) は誘電体多層膜フィルタ 16 c を透過して分岐ポート 4 より出力され、SOA 12 に入力される。その他の波長成分は反射され、反射された波長成分は出力ポート 3 に送出される。

【0045】信号光成分は、SOA 12 を信号受信モードで使用することにより受信される。一方、被変調光成分は SOA 12 を信号送信モードで使用することにより增幅、変調され、挿入ポート 5 に入力される。

【0046】入力ポート 2 からの光の入射角度と挿入ポート 5 からの光の入射角度は、入力ポート 2 から分岐ポート 4 へ透過する光から見た誘電体多層膜フィルタ 16 c の光路長と、挿入ポート 5 から出力ポート 3 へ透過する光から見た誘電体多層膜フィルタ 16 c の光路長が同一となるように調整されている。したがって、挿入ポート 5 から入力された光は再度誘電体多層膜フィルタ 16 c を透過し、出力ポート 3 より出力される。

【0047】次に、光サーキュレータを用いた例に戻つて説明する。

【0048】(光回路の第 8 の実施形態) 図 9 に示す本実施形態の光回路には、図 2 における入力側光サーキュレータ 11 を 4 ポートとした 4 ポート光サーキュレータ 18 を用いる。また、4 ポート光サーキュレータ 18 の 4 番目のポートに光検出器 20 を接続するとともに、3 番目のポートであるポート 103 と SOA 12 の間に信号分離用 FBG 19 を配置した点で第 2 の実施形態と異なる。

【0049】図 10 の特性図は、4 ポート光サーキュレータ 18 、光サーキュレータ 11 および FBG 10 からなる光学要素の分岐波長帯域、信号分離用 FBG 19 の反射波長帯域、および BPF 13 の透過波長帯域の間の関係の一例を示している。

【0050】図 10 (a) に示す信号光 120 の波長は、信号分離用 FBG 19 の反射波長帯域 121 (図 10 (b)) 内に設定する。図 10 (a) に示す被変調光 122 の波長は、上記光学要素の分岐波長帯域 123 内であり、かつ信号分離用 FBG 19 の反射帯域外 124 (図 10 (c)) の波長を用いて伝送する。

【0051】入力ポート 2 に入力された WDM 信号光のうち、信号光と被変調光は光サーキュレータ 18 のポート 103 より出力され、信号分離用 FBG 19 へと入力される。信号光は信号分離用 FBG 19 により反射されポート 103 へ再入力され、4 ポートサーキュレータ 18 のポート 104 より光検出器 20 に入力される。被変調光は信号分離用 FBG 19 を透過し、SOA 12 により增幅、変調された後、BPF 13 を通過して光サーキュレータ 11 のポート 101 へと入力される。

【0052】本実施形態によれば、独立した別々の波長 (図 10 (a)) を用いて受信信号と送信信号の伝送を行っているため、受信信号と送信信号の同期をとる必要がないという利点がある。

【0053】(光回路の第 9 の実施形態) 信号光と被変調光に対し別の波長を用いた図 9 の構成は、透過型光 BPF を用いた本発明に係る光回路にも適用可能である。その一例として図 11 に示した本実施形態は、前述の通りポート 103 と SOA 12 の間に図の様に光サーキュレータ 11 と信号分離用 FBG 19 を配置し、光サーキュレータ 11 からの光を光検出器 20 に入力したものである。

【0054】ここで、1 対の光サーキュレータ 11 、 18 と FBG 10 からなる光学要素の分岐波長帯域と信号分離用 FBG 19 の反射波長帯域を、例えば図 10 に示した様な独立の関係 (同 (a) は光学要素の特性、同 (b) は FBG 19 の特性) としてある。

【0055】なお、上述した本発明に係る光部品の各実施形態において、反射型光バンドパスフィルタ (FBG 10) あるいは透過型光バンドパスフィルタ (誘電体多層膜フィルタ 16a, 16b, 16c) を波長可変のものとすることにより、各実施形態による回路の信号受信および信号送信の波長を可変とすることが出来る。

【0056】例えば、FBG 10 を用いた場合には、その温度と印加する張力を変化することにより波長可変を行うことが出来る。また、誘電体多層膜フィルタ 16a, 16b, 16c を用いた場合には、その膜厚を変化させる構成を採用することで長可変を行うことが可能である。

【0057】(波長多重光ネットワークの第 1 の実施形態) 次に、上述した本発明に係る光部品の各実施形態を RN に配置した波長多重光ネットワーク (リングネットワーク) の第 1 の実施形態について、図 12 を参照して説明する。

【0058】本実施形態のリングネットワークでは、k 番目の RNk 23 を含んだ n 個の RN 22 と 1 個の CN 21 を主伝送路 27 に配置し、各 RN 22 および RNk 23 が CN 21 と 1 対 1 で通信を行う。RNk 23 は上記本発明に係る各実施形態の光部品 (光回路) のいずれかの構成を含むもので、ここでは 1 個の RN が当該構成をとるものとして図示したが、リングネットワーク内の複数の RN が当該構成を含んでもよい。

【0059】CN 21 には高精度に波長制御されたレーザ光源 24 が複数個配置されており、各 RN 22 に対して異なる波長チャネルを割り当てる。各波長の光は、CN 21 から RN 22 への信号光成分と RN 22 から CN 21 への通信信号の搬送波である被変調光成分とを含む。ここで、信号光成分と被変調光成分は、図 1 を参照して説明したように同一波長を用いて時間的に多重してもよいし、図 9 を参照して説明したように RN 22 に割り当てられた波長帯域内において異なる波長を用いて波長多重してもよい。

【0060】CN 21 から送出された WDM 信号のうち、波長 λ_k の光は光回路の RNk 23 において分岐される。信号光成分は RNk 23 が持つ信号分離手段により

分離され、受信される。被変調光成分は、通信信号により変調された後、WDM信号に挿入されて次段のRN22に送出される。

【0061】本実施形態のネットワーク構成においては、RN22においてレーザの波長制御を行う必要がないため、ネットワークの信頼性を向上させ、保守、管理を簡略化することができる。さらに、より高密度なWDM伝送を行うことも可能となる。

【0062】(波長多重光ネットワークの第2の実施形態)図13は本発明に係る波長多重光ネットワークの第2の実施形態の構成図である。

【0063】図13には、互いに送信波長および方向が異なる2パス中にセンタノードおよび複数のリモートノードを備え、各パスに本発明に係る光回路であるRN_x28とRN_y29を配置した2ファイバの双方向伝送型WDMリングネットワークを構成した例を示している。本実施の形態においては、CN21から供給された被変調光を用いて、RN_x28とRN_y29間で専用線的なネットワークを構築した。

【0064】時計回り(CW)に光が伝搬する光ファイバ155で波長 λ_y のパス156を構成しており、パス156において、波長 λ_y を分岐する光ADM151と、分岐した光信号を受信する光検出器20cwgがx番目のRN_x28(他は図示を省略)に配置され、波長 λ_y を分岐して変調する本発明に係る光回路152がy番目のRN_y29(他は図示を省略)に配置されている。一方、反時計回り(CCW)に光が伝搬する光ファイバ157で λ_x のパス158を構成しており、パス158において、波長 λ_x を分岐して変調する本発明に係る光回路1524RN_x28に配置され、波長 λ_x を分岐する光分岐手段153と、分岐した光信号を受信する光検出器20ccwgがRN_y29に配置されている。

【0065】RN_x28からRN_y29への通信の場合には、CCW伝送光ファイバ157上に波長 λ_x の被変調光を送出し、RN_x28において分岐、増幅、変調および挿入を行って、RN_y29の受信系において受信する。逆方向のCW伝送の場合には、光ファイバ155上において波長 λ_y を用いて同様のことを行う。

【0066】RN_x28またはRN_y29をユーザとした場合、本実施の形態に示した構成により、ユーザは光源波長の高精度な制御をすることなく、その波長を用いた専用線的サービスを受けることが出来る。

【0067】なお、ここでは1パス中の1個のRNが上記構成をとるものとして図示したが、1パス内に複数のRNを設け。これらのうち複数を当該構成としてもよい。

【0068】(光回路の第10の実施形態)次に、上述した本発明に係る光部品を波長変換器として構成する実施形態について、図14を参照して説明する。

【0069】ここで、本発明に係る光回路中にSOA1

2を用いた場合、Ramaswami等によればSOA12中における相互利得変調(Cross Gain Modulation: CGM)、相互位相変調(Cross Phase modulation: CP M)、四光波混合(Four Wave Mixing: FWM)等の効果を利用して波長変換器を構成することが出来る(R. Ramaswami and K. N. Sivarajan, "Optical networks a practical perspective," Morgan Kaufmann Publishers, Inc, 1998.)ことが知られている。

【0070】図14の構成はSOA12中のCGMを利用しており、本実施の形態は、図2の光回路において光カプラ15を入力ポート側の第1の光サーチューティ11のポート103とSOA12の間に挿入した構成となっている。

【0071】光カプラ15の光信号挿入ポート164から波長 λ_2 の強度変調された光を入力する。波長 λ_2 の光は入力側の光サーチューティ11により分岐された波長 λ_1 の光と光カプラ15により合波され、SOA12に入力される。SOA12におけるCGM効果により、連続光である波長 λ_1 の光に対するSOA12の利得は波長 λ_2 の光強度が大きいときは小さくなり、波長 λ_2 の光強度が小さくなると大きくなる。

【0072】この結果、波長 λ_1 の光は波長 λ_2 の光の信号パターンと逆のパターンに強度変調される。ここで、SOA12の後段に配置されたBPF13の透過帯域は、波長 λ_1 の光は透過し、波長 λ_2 の光は遮断するよう設計されており、これによりレーザ発振は抑制される。

【0073】このようにして、光カプラ15に入力された波長 λ_2 の光信号は波長 λ_1 に変換され、BPF13より出力される。その後、波長 λ_1 の信号は出力ポート側に配置された第2の光サーチューティ11のポート101に入力され、元のWDM信号に挿入される。

【0074】本実施の形態においては、一対の光サーチューティ11とFBG10からなる光学要素を使用しているが、他の構成の光学要素をこれに代えて用いることが可能である。例えば、第3乃至第7の実施形態で用いた各光学要素を用いても同様に本発明を実施することができる。

【0075】(波長多重光ネットワークの第3の実施形態)図13は第10の実施形態の光回路である波長変換器を異なるWDMネットワーク間のインターフェースとして使用した波長多重光ネットワークの実施形態の構成図である。

【0076】CN21と複数のRN22からなるWDMリングネットワークへ、他のネットワークまたは孤立したノード170から波長 λ_{other} の光信号が伝送される。波長 λ_{other} の信号は、k番目のRN_k23に配置さ

れた第10の実施形態の光回路（光部品）160（図15参照）の光信号挿入ポート164から入力され、RN_k23に割り当てられた波長 λ_k に波長変換された後、主伝送線路27上のWDM信号に挿入される。

【0077】本実施形態によれば、高精度に波長制御された光源を持たないRN_k23においても、他のネットワーク、あるいは孤立したノード170からの光信号を、RN_k23の属するWDMネットワークの波長グリッドに高精度に再配置することができる。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光回路および当該光回路を用いた波長多重光ネットワークによれば、光源の温度依存性によらず波長多重光ネットワークのリモートノードにおける光源の波長制御を不要として信頼性を低下させることもなくなり、波長多重光ネットワークの保守、管理をより容易にすることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光回路の第1の実施形態を示す構成図である。

【図2】本発明に係る光回路の第2の実施形態を示す構成図である。

【図3】第2の実施形態におけるFBGとBPFの透過スペクトルの関係を示す特性図である。

【図4】本発明に係る光回路の第3の実施形態を示す構成図である。

【図5】本発明に係る光回路の第4の実施形態を示す構成図である。

【図6】本発明に係る光回路の第5の実施形態を示す構成図である。

【図7】本発明に係る光回路の第6の実施形態を示す構成図である。

【図8】本発明に係る光回路の第7の実施形態を示す構成図である。

【図9】本発明に係る光回路の第8の実施形態を示す構成図である。

【図10】本発明に係る光回路の第8の実施形態におけるFBGと信号分離用FBGの反射スペクトル、BPFの透過スペクトルおよび信号光、被変調光の波長の関係を示す特性図である。

【図11】本発明に係る光回路の第9の実施形態を示す構成図である。

【図12】本発明に係る光回路を用いて構成した波長多重光ネットワークの第1の実施形態を示す構成図である。

【図13】本発明に係る光回路を用いて構成した波長多重光ネットワークの第2の実施形態を示す構成図である。

【図14】本発明に係る光回路の第10の実施形態を示す構成図である。

【図15】本発明に係る光回路の第10の実施形態を用いて構成した、波長多重光ネットワークの第3の実施形態を示す構成図である。

【図16】従来のWDMネットワークの一構成例を示す構成図である。

【図17】従来のWDMネットワークにおいて、FBGと光サーチュレータを含んで構成される光ADMを用いた従来の光部品（RN）の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

- 1 光アドドロップ合波器（ADM）
- 2 入力ポート
- 3 出力ポート
- 4 分岐ポート
- 5 挿入ポート
- 10 ファイバプラググレーティング（FBG）
- 11 光サーチュレータ
- 12 半導体光増幅器（SOA）
- 13 光バンドパスフィルタ（BPF）
- 14 光アイソレータ
- 15 光カプラ
- 16a, 16b, 16c 誘電体多層膜フィルタ
- 17 無反射コート
- 18 4ポート光サーチュレータ
- 19 信号分離用FBG
- 20, 20cw, 20ccw 光検出器
- 21 センタノード（CN）
- 22 リモートノード（RN）
- 23 第k番目のリモートノード（RN_k）
- 24 レーザ
- 25 波長マルチプレクサ（波長MUX）
- 26 波長デマルチプレクサ（波長DMUX）
- 27 主伝送線路
- 28 第x番目のRN（RN_x）
- 29 第y番目のRN（RN_y）
- 101, 102, 103, 104 ポート
- 151, 153 光分岐手段
- 152, 154 光回路
- 155 光ファイバ（時計回り伝送）
- 157 光ファイバ（反時計回り伝送）
- 156 波長 λ_y のパス
- 158 波長 λ_x のパス
- 164 光信号挿入ポート
- 170 他のネットワークのノード

【手続補正2】

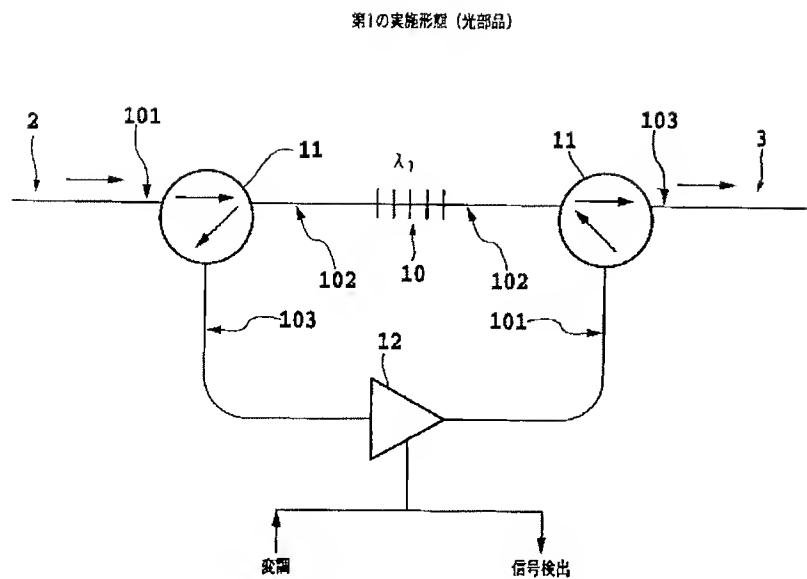
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

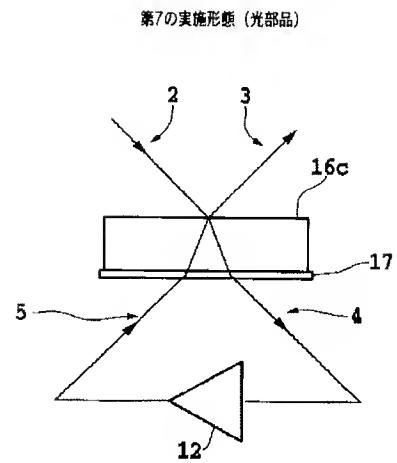
【補正方法】変更

【補正内容】

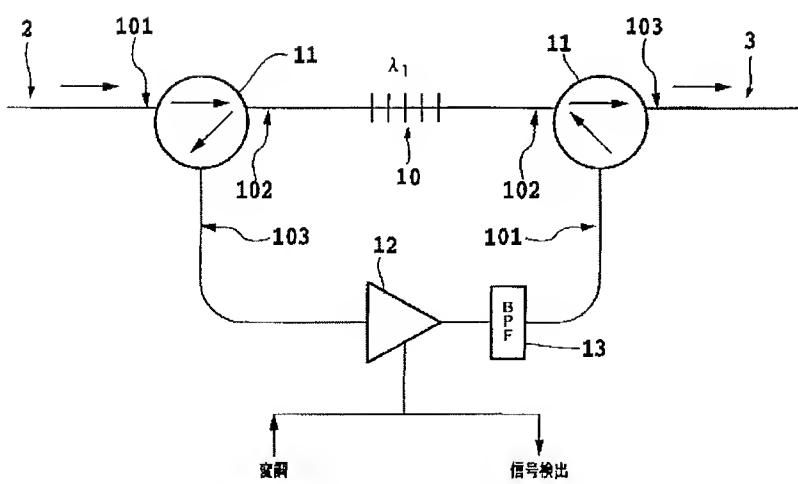
【図1】



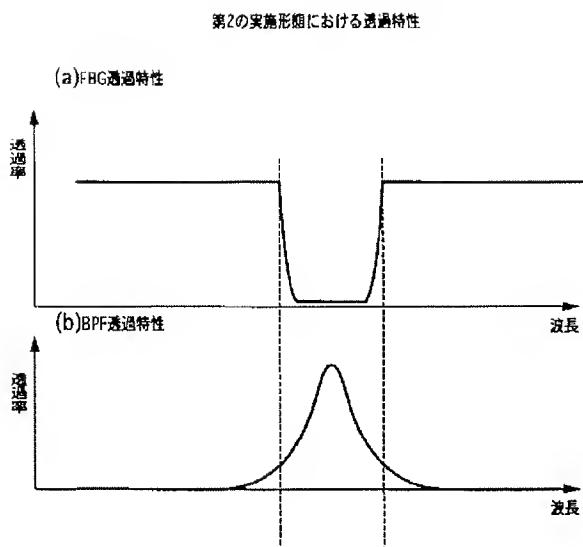
【図8】



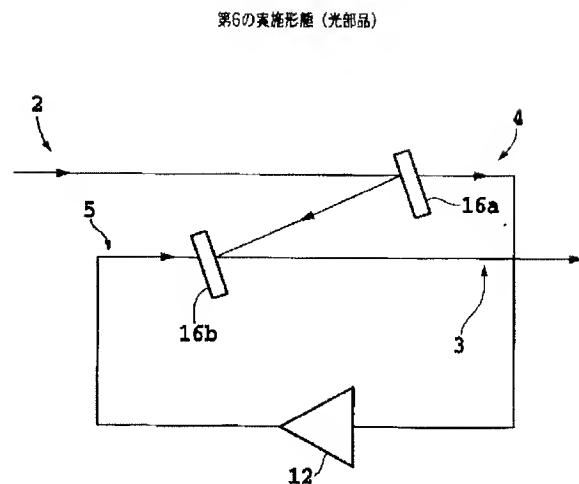
【図2】



【図 3】

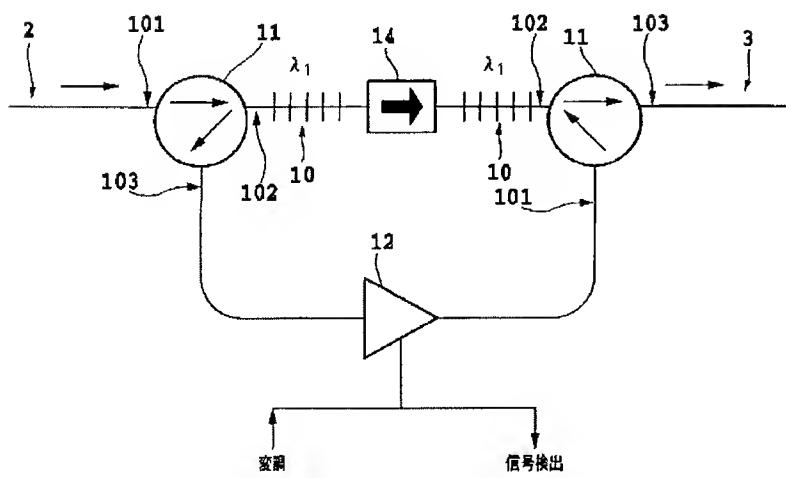


【図 7】



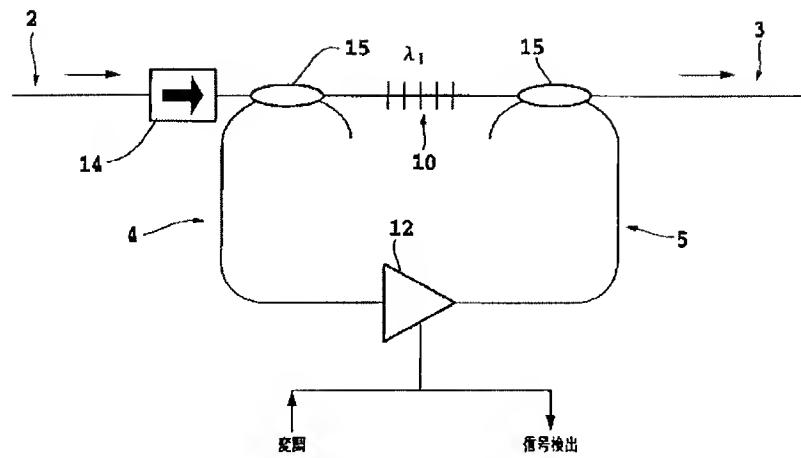
【図 4】

第3の実施形態（光部品）



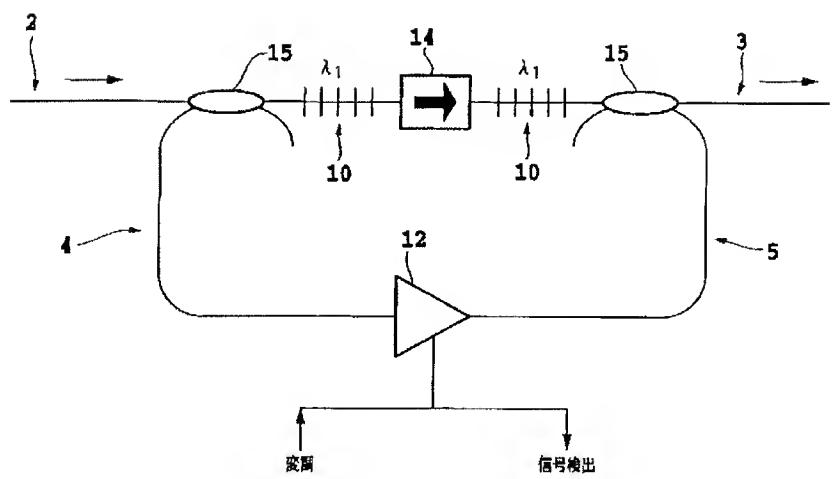
【図5】

第4の実施形態(光部品)



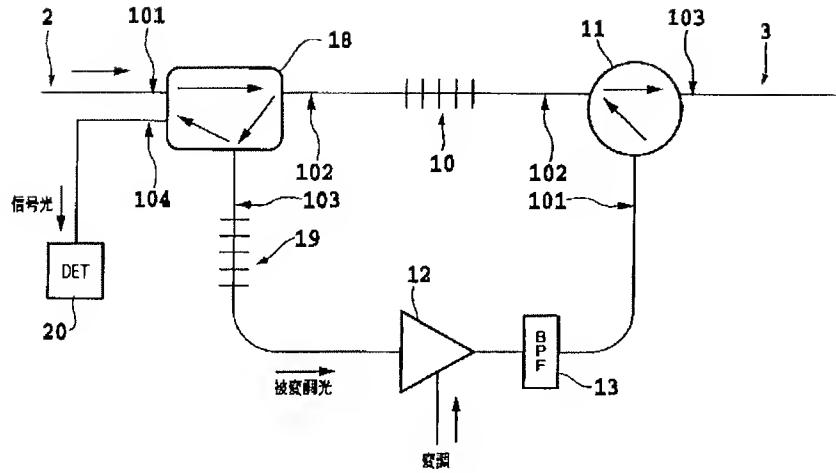
【図6】

第5の実施形態(光部品)

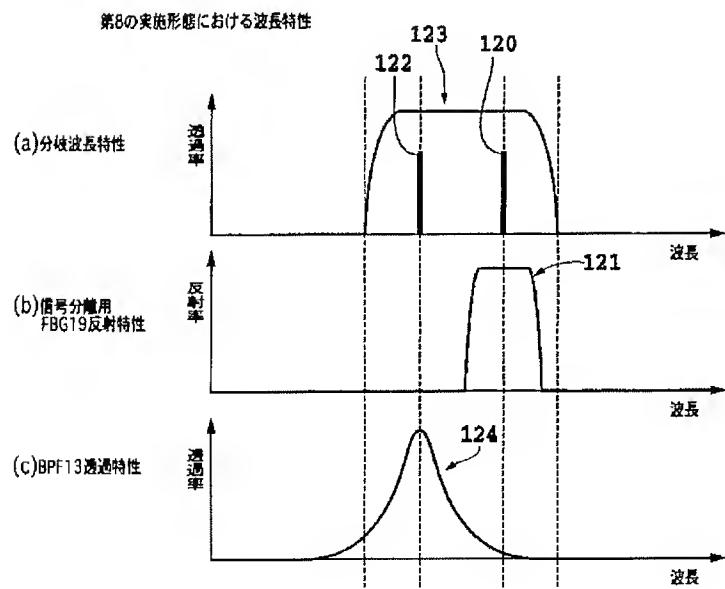


【図9】

第8の実施形態（光部品）

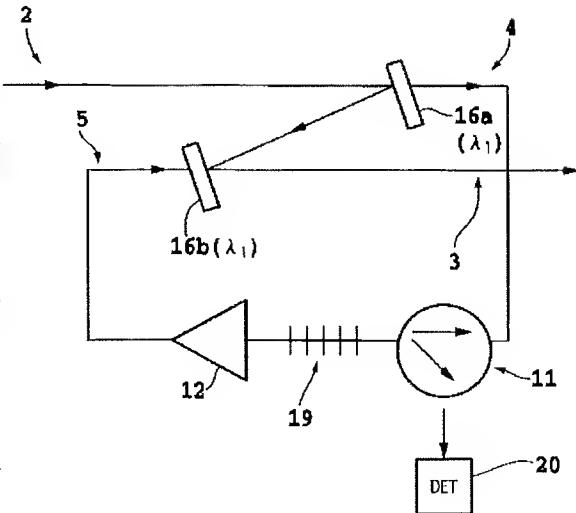


【図10】

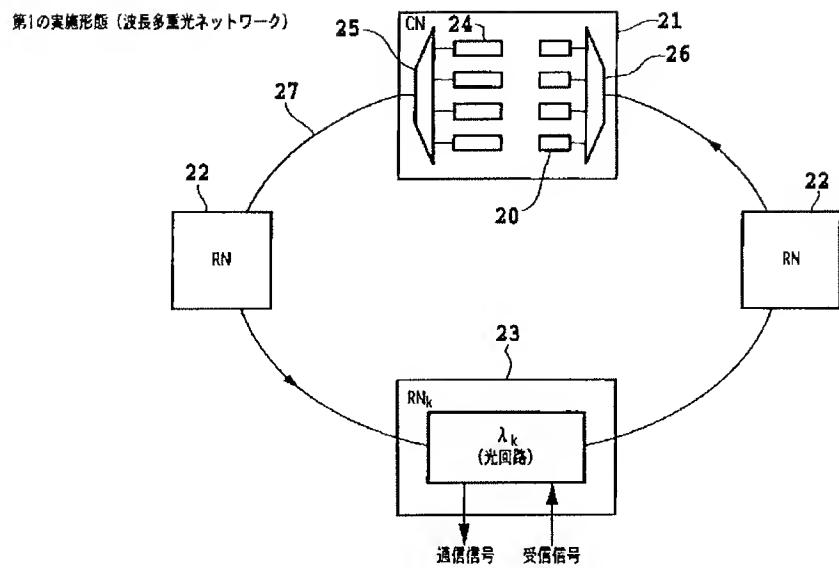


【図11】

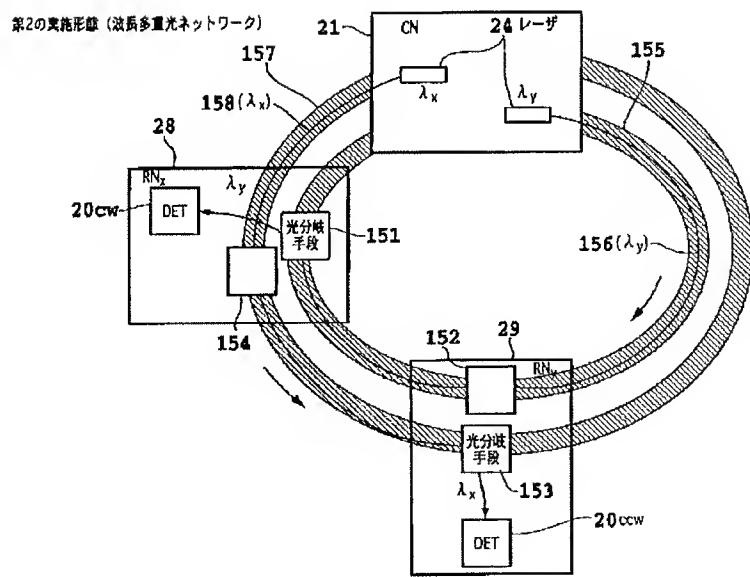
第9の実施形態（光部品）



【図12】

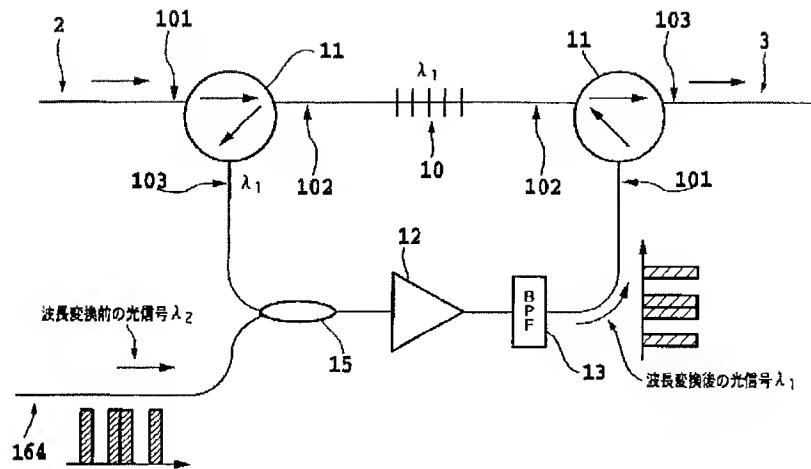


【図13】

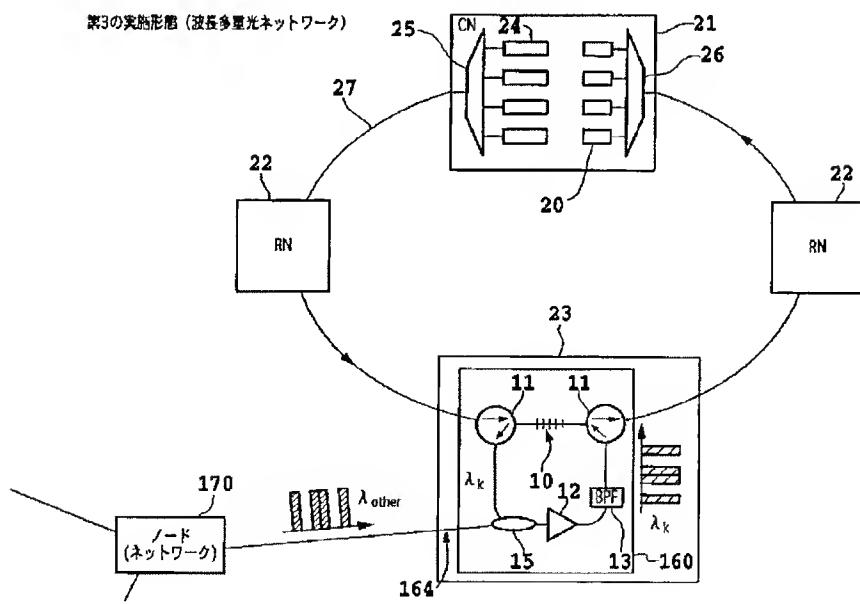


【图 1-4】

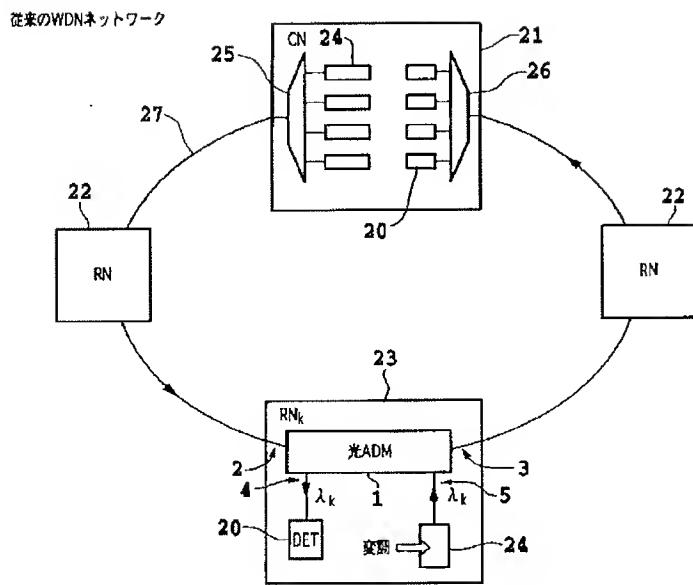
第10の実施形態（光部品）



【图 15】



【図16】



【図17】

